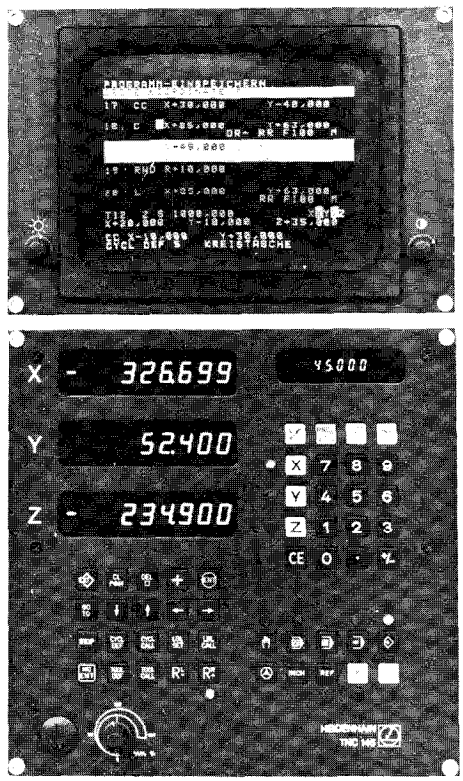
HEIDENHAIN
Optik und Elektronik
Präzisionsteilungen

Betriebsanleitung

HEIDENHAIN TNC 145 C

Bahnsteuerung



Ausgabe 12/84

Dialog-Eröffnung

Dialog-eröffnung mit Taste	Betriebsart: Handbetrieb (Manuell)	Betriebsart: Einzelsatz Steuern	Betriebsart: Einspeichern und Editieren	Betriebsart: Programmlauf	Kapitel-Hinweis	Seite
X Y Z	Bezugspunkt-Festlegung	achsparallele Positionierung (Positionier-Satz)	Programmieren einer achsparallelen Positionierung (Positionier-Satz)		G 2, I	24, 29
L			Gerade		I 4.3	41
RND			Ecke runden/ weich Kontur anfahren		I 4.5, I 4.6	46 47
CC			Kreismittelpunkt oder Pol		I 4.2, I 4.4.1	40 43
C			Kreisbogen		I 4.4	43
STOP		.Quittieren eines ext. Stop zum Abbrechen des Programmlaufs .Ausgabe einer M-Funktion	Programmierter Halt	Quittieren eines ext. Stop zum Abbrechen des Programmlaufs	I 7, L 3	72, 87
TOOL DEF			Werkzeug-definition		I 1.1	29
TOOL CALL		Werkzeug-Aufruf	Werkzeug-Aufruf		I 1.2	31
LBL SET			Label- (Programm-marke) Setzen		I 5.1	51
LBL CALL			Label- (Programm-marke) Aufruf		I 5.2	51
CYCL DEF			Zyklus-Definition		I 6	60
CYCL CALL			Zyklus-Aufruf		I 6	60
CL PGM			Programm löschen		I 8.7	76
INCH	mm/Zoll-Umschaltung	mm/Zoll-Umschaltung	mm/Zoll-Umschaltung	mm/Zoll-Umschaltung	F 3	23
REF	Anzeige der Restwege zum Referenzpunkt				G 3	27
EXT	Programmieren der Übertragungs-rate für die Daten-schnittstelle		Einlesen von Programmen über die Datenschnitt-stelle	Auslesen von Programmen in ein externes Peripheriegerät	J	78

Grund-Symbole	Bedeutung
	Maschine verfährt gesteuert
	Einzelsatz* (engl.: block)
	Speicher für das Bearbeitungsprogramm (Programmspeicher)

*Das Bearbeitungsprogramm besteht aus lauter einzelnen Programm Sätzen; jeder Programm-Satz besteht aus sog. Worten.

Tasten für die Bahn-Programmierung

Tasten-Kennzeichnung	Abkürzung für	Bedeutung	Kapitel-Hinweis	Seite
	LINE	Auf einer Geraden verfahren (gleichzeitig in 2 Achsen oder nur in 1 Achse)	I 4.3	41
	ROUND	.Ecken-Runden (Programmierung von Kreisen mit tangentialen Übergängen) .Tangentiales Anfahren einer Kontur	I 4.5 I 4.6	46 47
	CIRCLE CENTER	.Kreismittelpunkt für Kreisbahn .Pol für Sollwert-Eingabe in Polarkoordinaten	I 4.2 I 4.4.1	40 43
	CIRCLE	Kreisbogen (simultanes Verfahren in 2 Achsen)	I 4.4	43

Tasten für Eingabewerte und Achswahl

Tasten-Kennzeichnung	Abkürzung für	Bedeutung		Kapitel-Hinweis	Seite
0 ... 9	— — —	Tasten für Eingabewert und Achswahl	Zahlen-Eingabe (Zehner-Tastatur)	E 3	19
.	— — —		Dezimalpunkt	E 3	19
+/-	— — —		Vorzeichenwechsel	E 3	19
X Y Z	— — —		Achswahl zum Bezugspunkt-Setzen, für das achsparallele Verfahren und zum Programmieren von Positions-Sollwerten.	G 2, I	24 29
CE	CLEAR ENTRY	Eingabewert löschen bzw. Fehler-Anzeige löschen		D 2, E 3	16,19

Wird versehentlich eine Taste gedrückt, die in der gewählten Betriebsart keine Funktion hat, so erscheint die Fehleranzeige "TASTE OHNE FUNKTION".
Diese Fehlermeldung ist mit der Taste CE zu löschen.

Die Tastatur der TNC 145 C

Betriebsarten-Tastatur

Tasten-Kennzeichnung	Bedeutung	Kapitel-Hinweis	Seite
	Manueller Betrieb (Handbetrieb) **1.** Die Steuerung arbeitet in dieser Betriebsart als numerische Positionsanzeige. Die Maschine kann über die Achsrichtungstasten verfahren werden. **2.** Bezugspunkt-Setzen **3.** Nach dem Einschalten der Netzspannung müssen in dieser Betriebsart die Referenzmarken überfahren werden. **4.** In den Istwert-Anzeigen werden die Restwege zu den Referenzmarken angezeigt	G	24
REF			
	Verfahren der Maschinen-Achsen über das **elektronische Handrad**	H	28
	Einzelsatz-Positionieren mit Handeingabe Achsparalleles Verfahren wobei immer nur **ein** einzelner Programmsatz eingegeben wird (achsparalleler Positioniersatz oder Werkzeug Aufruf). Das eingegebene Programm wird nicht beeinflußt. Das Arbeiten im Bahnbetrieb, mit Zyklen, mit Unterprogrammen oder Programmteil-Wiederholungen ist in dieser Betriebsart nicht möglich. Ein **Werkzeug-Aufruf** kann nur wirksam werden, wenn .das Werkzeug vorher definiert wurde, d.h. die Korrekturwerte (Länge und Radius) in den Programmspeicher eingegeben wurden .nach dem Werkzeug-Ruf die externe Start-Taste betätigt wurde.	K	84
	Programm-Einspeichern und -Editieren Die Programm-Eingabe erfolgt dialog-geführt, d.h. sämtliche für die Programmierung erforderlichen Eingaben werden durch Klartext-Anzeige in der richtigen Reihenfolge abgefragt. Das Bearbeitungsprogramm kann aus folgenden Programm-Sätzen bestehen: .Gerade ("achsparallele" Programmierung oder "Bahn"-Programmierung) .Kreismittelpunkt .Kreisbahn .Werkzeug-Definition .Werkzeug-Aufruf .Zyklus-Definition .Zyklus—Aufruf .Label (Programm-Marke) -Setzen .Label (Programm-Marken) -Aufruf: Unterprogramm b/w. Programmteil-Wiederholung .Programmierter Halt.	I	29
	Einzelsatz-Programmlauf Das eingespeicherte Programm kann in dieser Betriebsart abgearbeitet werden, wobei Satz für Satz gestartet werden muß.	L	85
	Satzfolge - Programmlauf Durch einmaliges Drücken der externen Start-Taste läuft das eingespeicherte Programm bis zu einem programmierten Halt b/w. bis zum Ende automatisch ab.	L	85
INCH	**Zoll** Eingabe und Anzeige von .Positionswerten in Zoll .Vorschub- bzw. Bahngeschwindigkeit (Geschwindigkeit des Werkzeugmittelpunktes) in 0,1 Zoll/min. Soll ein Bearbeitungsprogramm in Zoll eingegeben werden, muß **vor** der Eingabe des Programms die Umschaltung mit der Taste INCH erfolgen. INCH ausgeschaltet: Eingabe und Anzeige in mm.	F 3	23
I	**Inkrementales Maß (Kettenmaß);** ausgeschaltet: Absolutmaß	B 2, I 2	11 33
P	Eingabe von Soll-Positionswerten in **Polarkoordinaten;** ausgeschaltet: rechtwinklige Koordinaten	B 3, I 4.2	12 40

Programmier- und Editier-Tasten

Tasten-Kennzeichnung	Abkürzung für	Bedeutung		Kapitel-Hinweis	Seite
EXT	---		Externe Daten-Eingabe bzw. -Ausgabe	J	78
+	---		Positions-Istwert: Übernahme eines Positions-Istwertes als Eingabewert bei der Programmierung (Play-Back oder Programmierung der Werkzeuglänge)	I 3.2	36
CL PGM	CLEAR PROGRAM	Editier-Tasten	Bearbeitungsprogramm löschen	I 8.7	76
DEL □	DELETE BLOCK	Editier-Tasten	Satz löschen	I 8.3	73
ENT	ENTER		Eingabe übernehmen	E 2, E 3	18, 19
GO TO	GO TO BLOCK	Editier-Tasten	Gehe auf Satz ... (Satz-Aufruf)	I 8.1	73
↓ ↑	---	Editier-Tasten	Zeilensprung vorwärts bzw. rückwärts	I 8.2 I 8.6	73 76
← →	---	Editier-Tasten	Verschiebung der Korrektur-Marke (Cursor)	I 8.5 I 8.6	75 76
STOP	STOP		Programmierter Halt sowie Abbrechen einer Positionierung	I 7 L 3	72 87
CYCL DEF	CYCLE DEFINITION	Zyklus-Tasten	Zyklus-Definition (festprogrammierter Arbeitszyklus)	I 6	60
CYCL CALL	CYCLE CALL	Zyklus-Tasten	Zyklus-Aufruf (festprogrammierter Arbeitszyklus)	I 6	60
LBL SET	LABEL SET	Label-Tasten	Programm-Marken (Label) -Setzen für ein Unterprogramm oder eine Programmteil-Wiederholung	I 5.1	51
LBL CALL	LABEL CALL	Label-Tasten	Programm-Marken-Aufruf (Sprung auf Label)	I 5.2	51
NO ENT	NO ENTER		Keine Eingabe: Der im Dialog angeforderte Parameter wird nicht benötigt	E 2	18
TOOL DEF	TOOL DEFINITION	Werkzeug-Tasten	Werkzeug-Definition (Werkzeug-Nummer, -Länge, -Radius)	I 1.1	29
TOOL CALL	TOOL CALL	Werkzeug-Tasten	Werkzeug-Aufruf.	I 1.2	31
R^R_+	---	Radiuskorrektur-Tasten	.Im Bahnbetrieb: Der Fräser soll in Vorschubrichtung rechts von der programmierten Kontur geführt werden. . Im achsparallelen Betrieb: Radius-Korrektur "Plus": Korrektur soll eine Verlängerung der Verfahrstrecke bewirken.	I 3 I 4.1	33 37
R^L_-	---	Radiuskorrektur-Tasten	.Im Bahnbetrieb: Der Fräser soll in Vorschubrichtung links von der programmierten Kontur geführt werden. . Im achsparallelen Betrieb: Radius-Korrektur "Minus": Korrektur soll eine Verkürzung der Verfahrstrecke bewirken.	I 3	33

Inhaltsübersicht

	Kapitel	Seite
Kurzbeschreibung	A)	8
Maße, Positionen, Koordinaten	B)	10
Kartesische Koordinaten und Werkstück-Bezugspunkt	B 1)	10
Absolutmaße/Kettenmaße	B 2)	11
Polarkoordinaten	B 3)	12
Tastatur und Anzeigen der TNC 145 C	C)	14
Fehler-Vermeidung und -Diagnose	D)	16
Fehlermeldungen	D 1)	16
Löschen von Fehlermeldungen	D 2)	16
Fehlermeldung "Pufferbatterie wechseln"	D 3)	16
Die Dialoge der TNC 145 C	E)	17
Möglichkeiten zur Eröffnung eines Dialoges	E 1)	17
Regeln für die Beantwortung der Dialog-Fragen bei Programmsätzen	E 2)	18
Eingabe von Zahlenwerten	E 3)	19
Vorbereitende Tätigkeiten	F)	20
Einschalten der TNC 145 C und Überfahren der Referenzpunkte	F 1)	20
Programmierung der Maschinenparameter	F 2)	22
mm/Zoll-Umschaltung [INCH]	F 3)	23
Manueller Betrieb (Handbetrieb)	G)	24
Manuelles Verfahren der Maschinen-Achsen	G 1)	24
Bezugspunkt-Setzen	G 2)	24
Betriebsart [REF]	G 3)	27
Betriebsart "Elektronisches Handrad"	H)	28
Betriebsart "Programmieren"	I)	29
Werkzeug-Korrekturen	I 1)	29
Werkzeug-Definition [TOOL DEF]	I 1.1)	29
Werkzeug-Aufruf/Werkzeug-Wechsel [TOOL CALL]	I 1.2)	31
Eingabe von Positions-Sollwerten in Absolutmaßen oder Kettenmaßen [I]	I 2)	33
Der achsparallele Positioniersatz [X] [Y] [Z]	I 3)	33
Programmierung per Tastatur	I 3.1)	33
Programmierung mit der Taste "Istwert-Übernahme" (Play-Back)	I 3.2)	36
Bahn-Programmierung	I 4)	37
Werkzeug-Bahnkorrektur [R+] [R-]	I 4.1)	37
Eingabe von Positions-Sollwerten in Polarkoordinaten	I 4.2)	40
Linear-Interpolation	I 4.3)	41
Linear-Interpolation mit rechtwinkeligen Koordinaten	I 4.3.1)	41
Linear-Interpolation mit Polar-Koordinaten	I 4.3.2)	42
Kreis-Bahn	I 4.4)	43
Definition des Kreismittelpunktes	I 4.4.1)	43
Kreisbahn-Programmierung mit rechtwinkeligen Koordinaten	I 4.4.2)	44
Kreisbahn-Programmierung mit Polar-Koordinaten	I 4.4.3)	45
Ecken-Runden (Kreise mit tangentialem Übergang)	I 4.5)	46
Anfahren und Verlassen einer Kontur	I 4.6)	47
Anfahren und Verlassen einer Kontur auf einer Geraden	I 4.6.1)	47
Tangentiales Anfahren und Verlassen einer Kontur	I 4.6.2)	50
Konstante Bahngeschwindigkeit bei Ecken: M 90	I 4.7)	50

	Kapitel	Seite
Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen	I 5)	51
Setzen einer Label-Nummer (Programm-Marke) [LBL SET]	I 5.1)	51
Sprung auf eine Label-Nummer (Programm-Marke) [LBL CALL]	I 5.2)	51
Programmierung von Bohrbildern mit Unterprogrammen und Programmteil-Wiederholungen	I 5.3)	58
Bearbeitungszyklen	I 6)	60
Zyklus-Definition [CYCL DEF]	I 6.1)	60
Anwählen eines bestimmten Zyklus	I 6.2)	60
Beschreibung der Arbeitszyklen	I 6.3)	61
Arbeitszyklus "Raumgerade"	I 6.3.1)	61
Arbeitszyklus "Tiefbohren"	I 6.3.2)	62
Arbeitszyklus "Gewindebohren"	I 6.3.3)	63
Arbeitszyklus "Nutenfräsen"	I 6.3.4)	64
Arbeitszyklus "Taschenfräsen" (Schruppzyklus)	I 6.3.5)	66
Arbeitszyklus "Kreistasche" (Schruppzyklus)	I 6.3.6)	68
Arbeitszyklus "Nullpunkt"	I 6.3.7)	70
Arbeitszyklus "Spiegeln"	I 6.3.8)	71
Arbeitszyklus "Verweilzeit"	I 6.3.9)	72
Der Zyklus-Aufruf [CYCL CALL]	I 6.4)	72
Programmierter Halt: Taste [STOP]	I 7)	72
Programm-Korrekturen (Editieren des Bearbeitungsprogramms)	I 8)	73
Aufruf eines bestimmten Programmsatzes	I 8.1)	73
Schrittweises Überprüfen der Programmsätze	I 8.2)	73
Löschen von Programmsätzen	I 8.3)	73
Einfügen von Programmsätzen in bestehende Programme	I 8.4)	74
Korrektur von "Programm-Worten" innerhalb eines Satzes	I 8.5)	75
Such-Routinen zum Auffinden bestimmter Zeichen	I 8.6)	76
Löschen des Bearbeitungsprogramms	I 8.7)	76
Programm-Test ohne Maschinenbewegung	I 8.8)	77
Externe Daten-Eingabe bzw. Ausgabe [EXT]	J)	78
Schnittstelle	J 1)	78
Die HEIDENHAIN-Magentband-Einheiten ME 101 und ME 102	J 2)	78
Anschlußkabel	J 3)	79
Eingabe der Baud-Rate	J 4)	81
Bedienungsablauf bei der Daten-Übertragung	J 5)	82
Externe Programm-Erstellung auf einem Terminal	J 6)	83
Positionieren mit Handeingabe (Einzelsatz-Steuern)	K)	84
Automatischer Programmlauf	L)	85
Start eines Programmlaufs	L 1)	85
Unterbrechen eines Programmlaufs	L 2)	86
Wiedereintritt in ein unterbrochenes Programm	L 3)	87
Abfahren des Programms ohne Werkzeug	L 4)	89
Technische Daten	M)	90
Technische Daten, allgemein	M 1)	90
Wegmeßsysteme	M 2)	93
Wegmeßsysteme für die TNC 145 CS	M 2.1)	93
Wegmeßsysteme für die TNC 145 CR	M 2.2)	93
Anschlußmaße	N)	94
Schema für das Arbeiten mit der TNC 145 C	O)	99

Diese Betriebsanleitung ist gültig für die Steuerungen TNC 145 C mit folgenden Ident-Nummern:
TNC 145 CS
ab Ident.-Nr. 221 201 ..

TNC 145 CR
ab Ident.-Nr. 221 638 ..

Hinweis:
Wir arbeiten ständig an der Weiterentwicklung unserer TNC-Steuerungen. Dadurch bedingt, kann eine bestimmte Steuerung in Details von der in dieser Anleitung beschriebenen Version abweichen. Aufgrund der Führung des Bedieners durch Klartext-Dialoge sind aber derartige Abweichungen unproblematisch.

A) Kurzbeschreibung

Die HEIDENHAIN-Steuerung TNC 145 C ist eine 3-Achsen Bahnsteuerung mit 2 1/2 D Kreisbogen- und Geraden-Interpolation (unter 2 1/2 D-Interpolation versteht man, daß die Interpolation in beliebigen 2 Achsen möglich ist).

Wie alle HEIDENHAIN-TNC-Steuerungen ist auch die TNC 145 C für die Programmierung unmittelbar an der Maschine konzipiert. Um dem Maschinenbediener das Arbeiten mit der Steuerung zu erleichtern, wurde in einigen Details bewußt von der Programmierungs-Norm abgewichen.

Die Programmierung erfolgt dialog-geführt, d.h. die für die Programmierung erforderlichen Eingaben werden von der TNC 145 C im Klartext in der richtigen Reihenfolge abgefragt.

Die TNC 145 C besitzt einen Bildschirm zur Anzeige der Dialog-Texte und des Bearbeitungsprogramms und zusätzliche Anzeigen für Eingabewerte sowie für die Positions-Istwerte.

Die Eingabefeinheit beträgt bei Eingabe von Positionswerten in rechtwinkeligen (kartesischen) Koordinaten bis zu 0,001 mm bzw. 0,0001 Zoll; bei Eingabe in Polarkoordinaten kann der Polar-Radius (Leitstrahl) PR bis zu 0,001 mm bzw. 0,0001 Zoll und der Polar-Winkel PA in Grad bis zu $0{,}001^{o}$ eingegeben werden. Der Anzeigeschritt der Istwert-Anzeigen beträgt 0,005 mm bzw. 0,0002 Zoll oder 0,001 mm bzw. 0,0001 Zoll.

Programmeingabe
bei **Linear- oder Zirkular-Interpolation:**
von Hand, durch Eintippen

.bei stehender Maschine (nach Programm-Liste oder Werkstück-Zeichnung)

oder extern

.über die V.24-kompatible Daten-Schnittstelle (z.B. per Magnetband-Einheit ME 101/ME 102 von HEIDENHAIN oder über sonstige handelsübliche Peripherie-Geräte).

bei **achsparallelem Betrieb:**
von Hand, durch Eintippen

.bei stehender Maschine (nach Programm-Liste oder Werkstück-Zeichnung)

.oder in dem die Maschine manuell verfahren wird, und die jeweiligen Positions-Werte (Ist-Werte) bei der konventionellen Bearbeitung des Werkstückes (Play-Back) als Positions-Sollwerte übernommen werden.

oder extern

.über die V.24-kompatible Daten-Schnittstelle, - wie oben.

Die HEIDENHAIN-Magnetband-Einheiten ME 101/ME 102 wurden für die externe Speicherung von TNC-Programmen auf Magnetband-Kassetten entwickelt. Die Geräte haben auf der Rückseite zwei Anschlußstecker für die Daten-Eingabe bzw. -Ausgabe (V.24- bzw. RS-232-C-kompatibel), so daß gleichzeitig eine TNC 145 C und zusätzlich beispielsweise ein handelsüblicher Drucker angeschlossen werden können.
Extern eingegebene Programme können ggf. editiert, d.h. korrigiert bzw. optimiert werden.

Bescheinigung des Herstellers
Hiermit wird bescheinigt, daß obiges Gerät in Übereinstimmung mit den Bestimmungen der AmtsblVfg 1046/1984 funkentstört ist. Der Deutschen Bundespost wurde das Inverkehrbringen dieses Gerätes angezeigt und die Berechtigung zur Überprüfung der Serie auf Einhaltung der Bestimmungen eingeräumt.
Hinweis: Wird vom Betreiber das Gerät in eine Anlage eingefügt, muß die gesamte Anlage den obigen Bestimmungen genügen.

Hauptfunktionen der TNC 145 C

Die TNC 145 C steuert die automatische Bearbeitung eines Werkstückes nach einem zuvor eingegebenen und in der TNC 145 C gespeicherten Bearbeitungsprogramm. In diesem Bearbeitungsprogramm sind die Werkzeuge für die Bearbeitung festgelegt und die zugehörigen Spindel-Drehzahlen, die Bewegungen der einzelnen Maschinen-Achsen sowie Schaltvorgänge (Kühlmittel ein/aus, Drehrichtung oder Stopp der Spindel usw.).

Das Bearbeitungsprogramm ist aus sog. Programmsätzen aufgebaut, die wiederum aus einzelnen Wörtern bestehen – wir kommen hierauf etwas später zurück.

Für das Abarbeiten eines eingespeicherten Programms kann entweder die **Betriebsart "Satzfolge-Programmlauf"** (Taste [⇉]) oder die **Betriebsart "Einzelsatz-Programmlauf"** – wobei das Programm für jeden Satz neu gestartet werden muß – (Taste [⇉]) gewählt werden.

Für Bearbeitungen, bei denen die Maschine nur achsparallel verfahren muß, kann auch Satz für Satz eingegeben und ausgeführt werden: **Betriebsart "Einzelsatz-Positionieren mit Handeingabe"** (Taste [⇉]).

Das Einrichten der Maschine kann mittels eines **elektronischen Handrades** erfolgen (Taste [⊛]).

Das Bezugspunkt-Setzen und Referenzpunkt-Fahren geschieht in der **Betriebsart "Manuell"** (Handbetrieb – Taste [☞]), in der die Steuerung im übrigen nur einfach als numerische Positionsanzeige arbeitet.

Aus den in den sog. Werkzeug-Definitions-Sätzen (Taste [TOOL DEF]) festgelegten **Werkzeugen** ist vor Beginn eines bestimmten Bearbeitungsvorgangs das betreffende Werkzeug durch einen Werkzeug-Aufruf-Satz (Taste [TOOL CALL]) zu wählen.

Die **Betriebsart "Programmeingabe"** wird mit der Taste [◈] eingeschaltet (die zugeordnete Lampe leuchtet).

Zur Programmierung des **Werkzeug-Wegs bzw.** der **Werkzeug-Bahn** für die Bearbeitung des Werkstückes genügt bei der TNC 145 C die Eingabe der gewünschten Werkstück-Kontur und der Maße entsprechend der Zeichnung: Länge und Radius der Werkzeuge werden von der TNC 145 C automatisch berücksichtigt. Zur Beschreibung der Kontur ist einzugeben, auf welcher Bahn (Gerade [L] oder Kreisbogen [CC] [C]) die Maschine auf welchen Punkt (= Soll-Position) fahren soll bzw. zur Festlegung eines Kreisbogens mit tangentialen Übergängen in den anschließenden Konturverlauf nur der betreffende Kreis-Radius (Taste [RND]).

Hat die Maschine für die Werkstück-Bearbeitung ausschließlich achsparallel zu verfahren – was häufig der Fall ist –, kann die Programmierung alternativ auch wie bei den HEIDENHAIN-Streckensteuerungen TNC 131/135 über die Achstasten [X] , [Y] , [Z] erfolgen, d.h. weiter vereinfacht werden.

Die Programmierung der **Soll-Positionen** ist nicht nur – wie üblich – in rechtwinkeligen Koordinaten möglich, sondern auch in Polarkoordinaten, und zwar in Absolutmaßen oder in Kettenmaßen, in mm oder in Zoll.

Ferner ist für achsparalleles Verfahren der Maschine auch die Übernahme von Ist-Positionswerten (Anzeigewerten) als Soll-Positionswerte möglich (Teach-In).

Die **Verfahrgeschwindigkeit** wird in mm/min. oder in 0,1 Zoll/min. programmiert.

Eine wesentliche Vereinfachung und Abkürzung der Programmierung ist ferner durch die **festprogrammierten Zyklen** gegeben:
.Raumgerade (zum schnellen Positionieren von Werkstück und Werkzeug),
.Tiefloch-Bohren,
.Gewindebohren,
.Nutenfräsen,
.Taschenfräsen,
.Kreistaschen-Fräsen,
.Nullpunkt-Verschiebung und
.Achse-Spiegeln.

Die jeweils benötigten Zyklus-Parameter werden in der Zyklus-Definition (Taste [CYCL DEF]) spezifiert; der Zyklus wird dann über die Taste [CYCL CALL] aufgerufen.

Eine wichtige weitere Programmier-Erleichterung bietet die TNC 145 C durch die Organisation für **Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen:**

mit Hilfe der Taste [LBL SET] lassen sich Programm-Abschnitte als Unterprogramme kennzeichnen, die dann entweder beliebig oft wiederholt werden bzw. später an beliebiger Stelle des Bearbeitungsprogramms aufgerufen werden können (Taste [LBL CALL]).

Zum **Programm-Editieren**, d.h. das Korrigieren oder Optimieren von Programmen durch Ändern von Programm-Wörtern oder -Sätzen oder Einfügen und Löschen von Sätzen dient die Zeile mit den Tasten [GO TO] , [↓] , [↑] , [←] , [→] .

Die Programm-Eingabe bzw. -Ausgabe von bzw. auf **externe Datenträger** wird mit der Taste [EXT] gestartet.

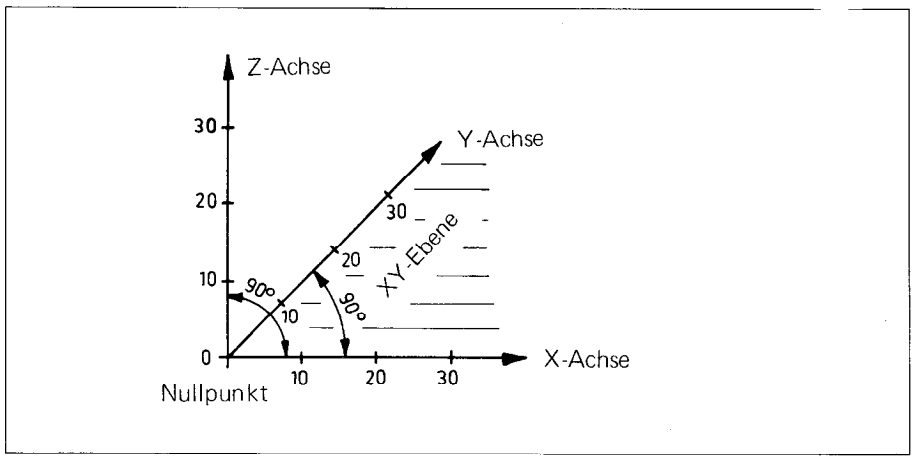
Eine Pufferbatterie versorgt nach dem Abschalten der Steuerung oder bei einem Netzspannungs-Ausfall die Speicher für das Bearbeitungsprogramm und für die Maschinenparameter (über welche die Steuerungsfunktionen an eine bestimmte Maschine angepaßt werden) mit der erforderlichen Betriebsspannung. Um diese Daten nicht zu verlieren muß ein **BATTERIE-WECHSEL BEI EINGESCHALTETER STEUERUNG** erfolgen! Tritt bei entladener oder fehlender Pufferbatterie eine Netzspannungs-Unterbrechung auf, so sind Bearbeitungsprogramm **UND MASCHINENPARAMETER** neu einzugeben (siehe Kap. D 3) und F 2).

B) Maße, Positionen, Koordinaten

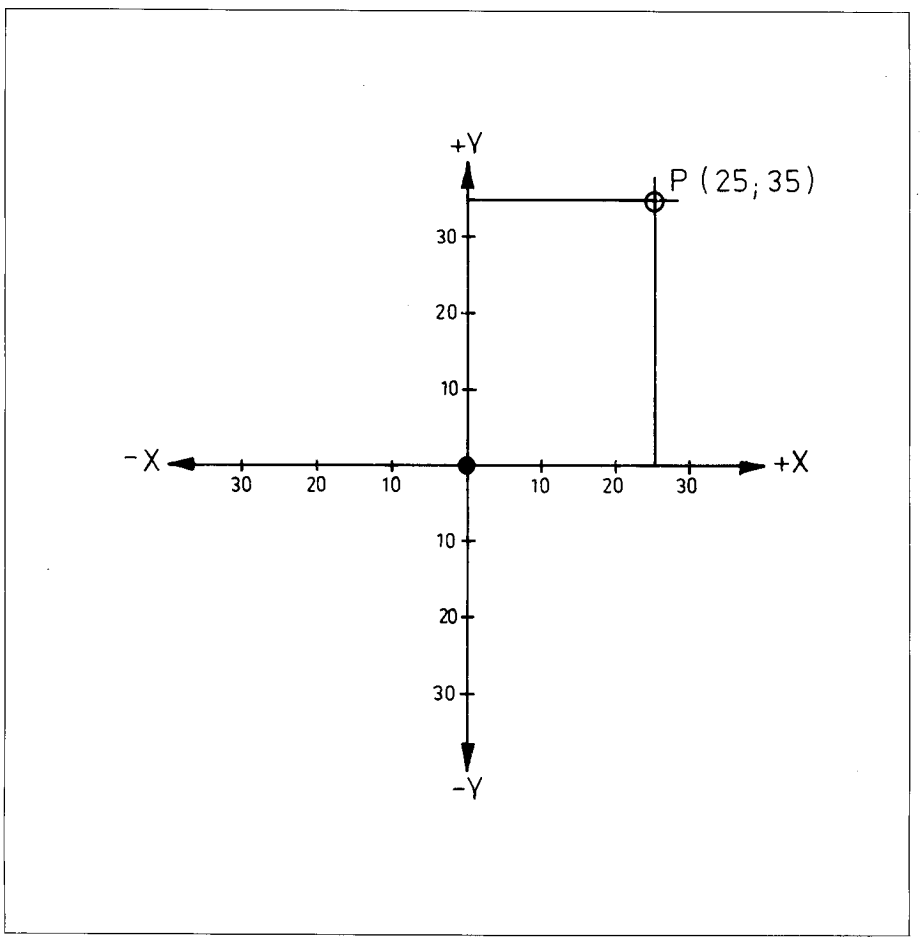
B 1) Kartesische Koordinaten und Werkstück-Bezugspunkt

Man unterscheidet zwischen.der Ist-Position von Maschine und Werkstück, d.h. der tatsächlichen momentanen Position und der jeweiligen Soll-Position laut Bearbeitungsprogramm.
Als Hilfsmittel für die Angabe von Positionen in einer Ebene bzw. im Raum bedient man sich sogenannter Koordinaten bzw. Koordinatensysteme.

Die TNC 145 C zeigt die Ist-Position in rechtwinkeligen Koordinaten — auch kartesische Koordinaten genannt — an.
Soll-Positionen für die Bearbeitung können entweder in rechtwinkeligen Koordinaten oder in Polarkoordinaten (siehe Kapitel B 3) programmiert werden.

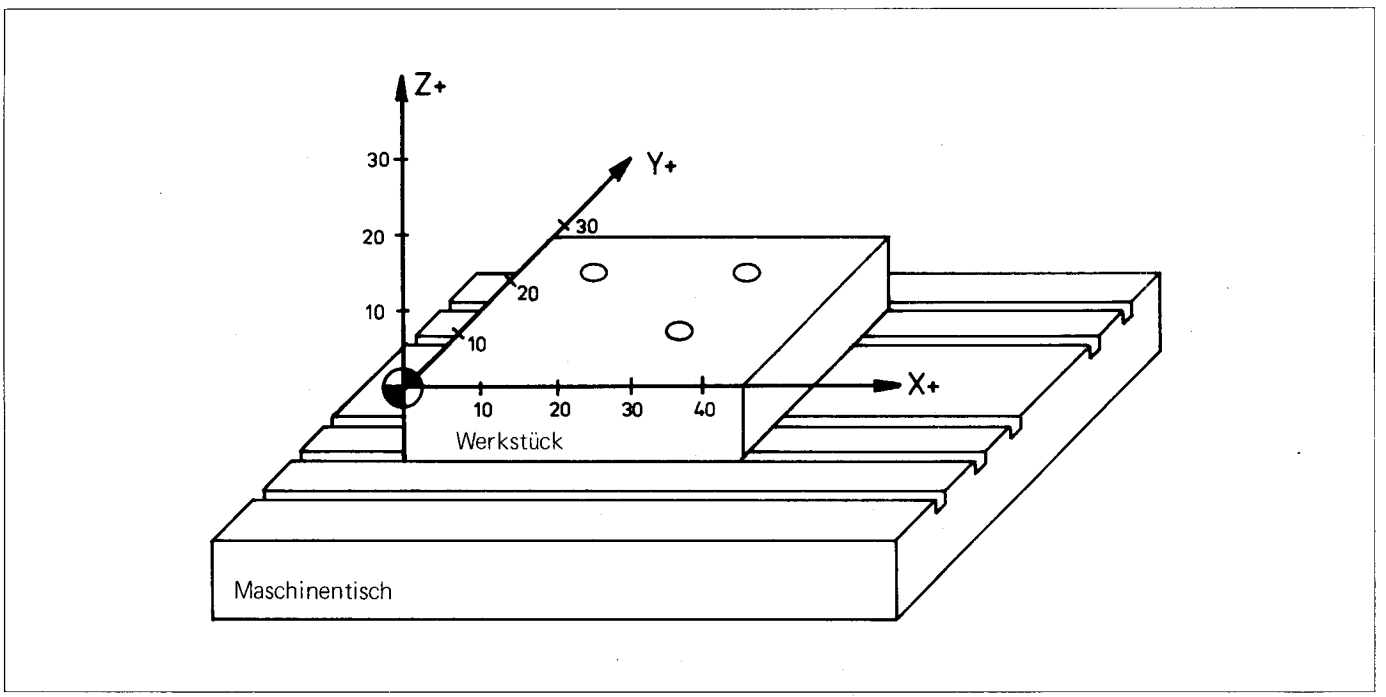


Ein rechtwinkeliges Koordinatensystem wird durch die drei aufeinander senkrecht stehenden Koordinaten-Achsen X, Y und Z gebildet.
Die beiden Achsen X und Y legen die XY-Ebene fest. Die drei Achsen haben einen gemeinsamen Schnittpunkt, den Nullpunkt (oder Ursprung).



Jede Position bzw. jeder Punkt der XY-Ebene ist durch die Angabe seiner beiden Koordinaten bestimmt, d.h. seines X-Wertes und seines Y-Wertes.
Beispielsweise hat der eingezeichnete Punkt P die Koordinaten X = 25 mm und Y = 35 mm.
In entsprechender Weise ist ein Punkt im Raum durch die Angabe der drei Koordinaten X, Y und Z bestimmt ("coordinare" ist lat. und bedeutet "zuordnen").

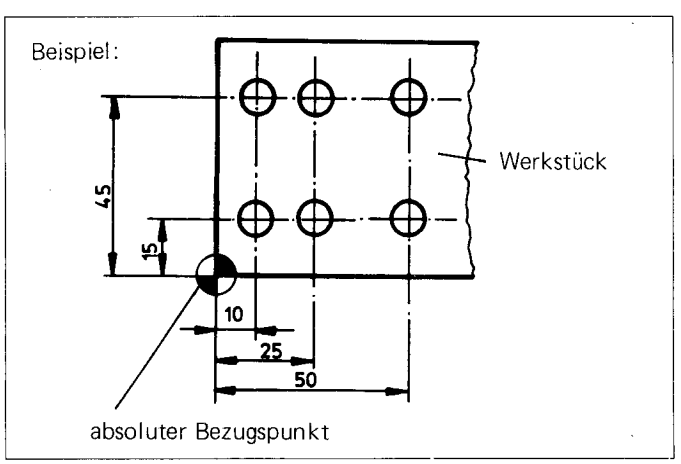
Für die Angabe von Positionen in einem Bearbeitungsprogramm legt man das Koordinatensystem so fest, daß die Programm-Erstellung möglichst einfach wird. Man läßt die Koordinatenachsen z.B. mit Werkstück-Kanten zusammenfallen (und spannt das Werkstück so auf, daß die Koordinatenachsen zu den Maschinen-Achsen parallel liegen). Der Koordinaten-Nullpunkt ist der Bezugspunkt für alle Absolutmaße eines Bearbeitungsprogramms; er wird durch das Symbol ⊕ gekennzeichnet.



B 2) Absolutmaße/Kettenmaße

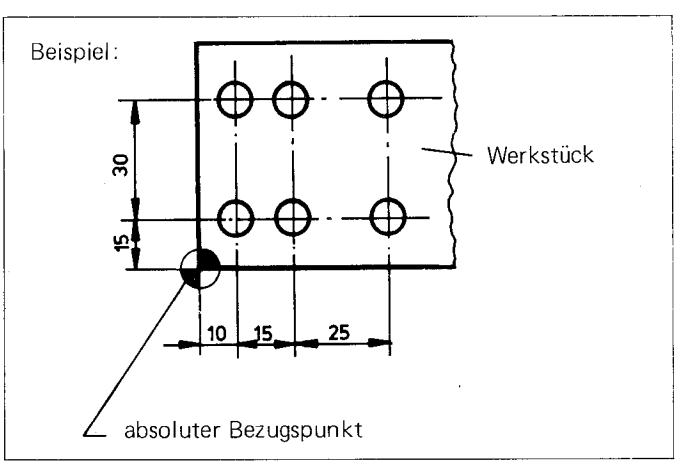
Werkstückmaße sind entweder Absolutmaße oder Kettenmaße.

Absolutmaße



Die Werkstück-Ecke links unten ist der absolute Bezugspunkt für die Bemaßung.
Die Maschine ist **auf** ein bestimmtes Maß zu verfahren. Sie fährt auf den eingetippten Positions-Sollwert.

Kettenmaße (inkrementale Bemaßung)



Die Bemaßung erfolgt – ausgehend von der Werkstück-Ecke links unten – als Kette.
Die Maschine ist **um** ein bestimmtes Maß zu verfahren. Sie entfernt sich vom vorher erreichten Positions-Istwert um den eingetippten Sollwert.

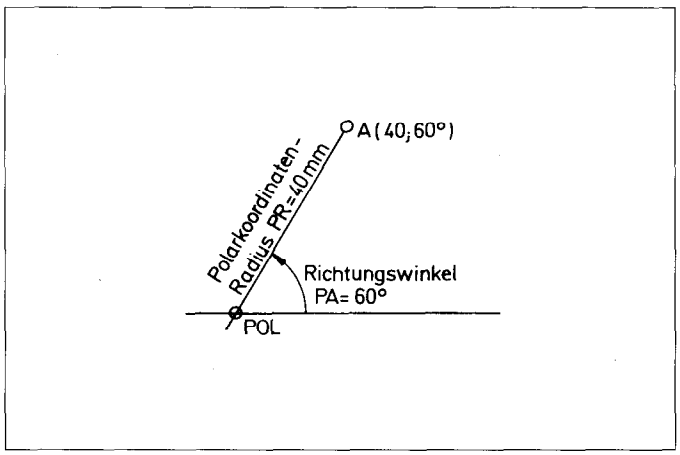
Die **Absolut- (Bezugsmaß) Programmierung** bietet den Vorteil, daß evtl. erforderliche geometrische Veränderungen einzelner Positionen die übrigen Positionen nicht beeinflussen. Auch ist der Wiedereintritt in ein unterbrochenes Programm nach einer Stromunterbrechung oder einer anderen Störung bei der Absolutwert-Programmierung einfacher. Bei geeigneter Festlegung des Werkstück-Bezugspunktes können ferner negative Werte ganz oder weitgehend vermieden werden.

Durch **Kettenmaß-Programmierung** erübrigt sich andererseits in manchen Fällen sonst anfallende Rechenarbeit.

B 3) Polarkoordinaten

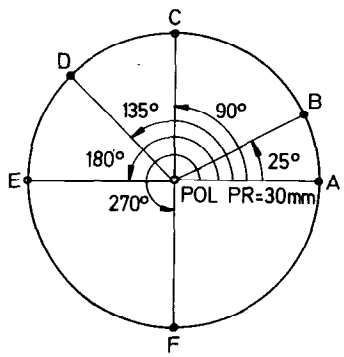
Die TNC 145 C bietet die Möglichkeit, Positions-Sollwerte auch in Polarkoordinaten einzugeben.

In Polarkoordinaten werden Punkte **in einer Ebene** angegeben in Bezug auf einen "Polarkoordinaten-Bezugspunkt" – **Pol** genannt – durch den Radius (Leitstrahl) vom Pol zu dem betreffenden Punkt und den Richtungswinkel (Polarwinkel).



a) Radius und Richtungswinkel im Absolutmaß programmiert

Beispiel:

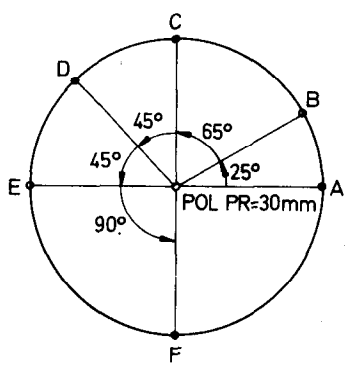


Polarkoordinaten der Punkte A, B, ..., F;
PR und PA absolut:

A (30_A; 0^{o}_A)
B (30_A; 25^{o}_A)
C (30_A; 90^{o}_A)
D (30_A; 135^{o}_A)
E (30_A; 180^{o}_A)
F (30_A; 270^{o}_A)

b) Radius im Absolutmaß und Richtungswinkel im Kettenmaß programmiert

Beispiel:



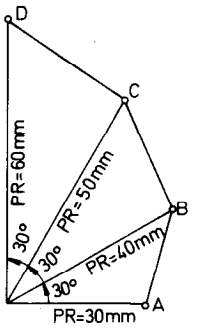
Beachte:
Der erste Punkt A muß im Absolutmaß festgelegt werden
A (30_A; $0_A{}^{o}$)

Polarkoordinaten der Punkte B, C, ..., F;
PR absolut, PA inkremental:

B (30_A; 25^{o}_I)
C (30_A; 65^{o}_I)
D (30_A; 45^{o}_I)
E (30_A; 45^{o}_I)
F (30_A; 90^{o}_I)

c) Radius und Richtungswinkel im Kettenmaß programmiert

Beispiel:

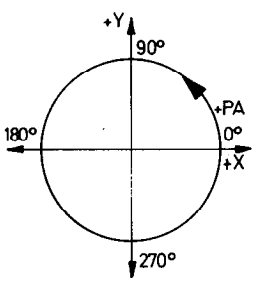


Beachte:
Der erste Punkt A muß im Absolutmaß festgelegt werden:
A (30_A; 0^o_A)

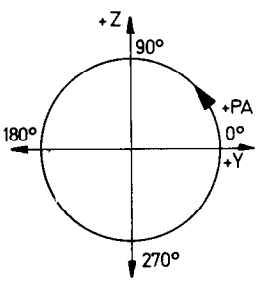
Polarkoordinaten der Punkte B, C, D
PR und PA inkremental:

B (10_I; 30^o_I)
C (10_I; 30^o_I)
D (10_I; 30^o_I)

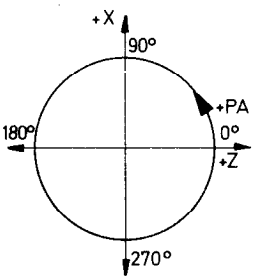
Definition der Ebenen und 0°-Achsen



In der **X/Y**-Ebene liegt die 0°-Achse auf X+



In der **Y/Z**-Ebene liegt die 0°-Achse auf Y+

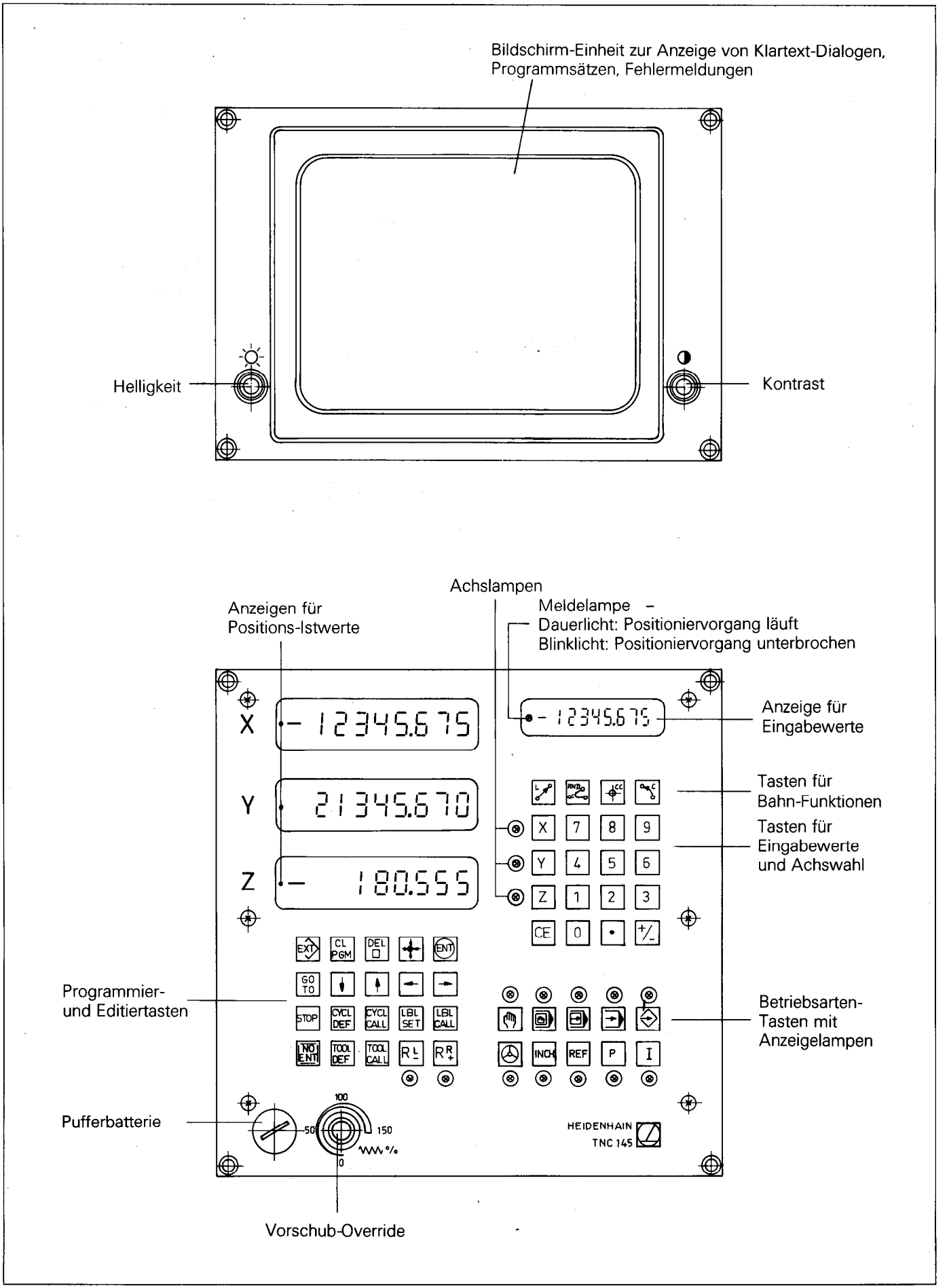


In der **Z/X**-Ebene liegt die 0°-Achse auf Z+

Die **positive Richtung** des Winkels **"PA"** entspricht der Bewegung im **Gegenuhrzeigersinn** (Linksdrehung).

C) Tastatur und Anzeigen der TNC 145 C

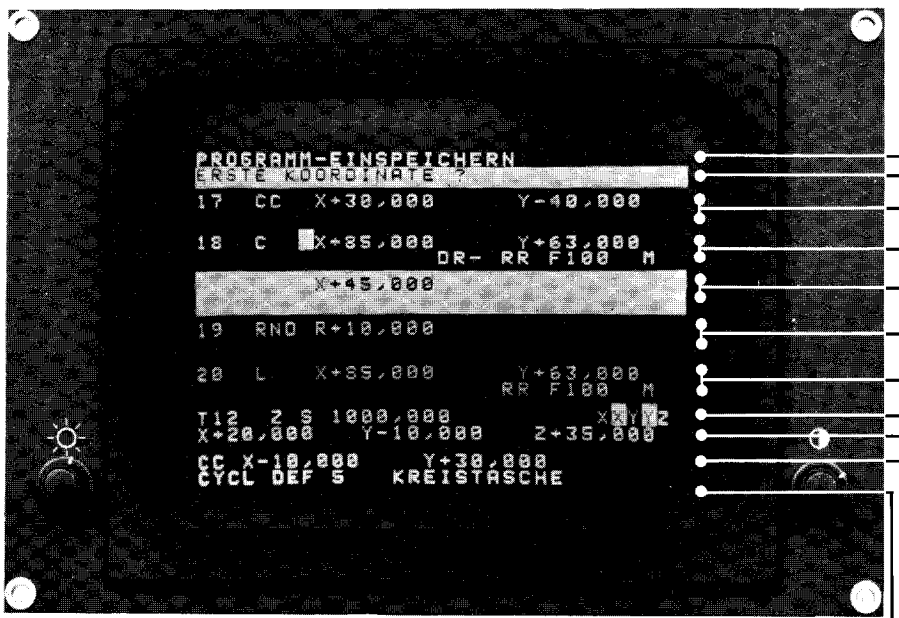
Gesamtansicht



Bildschirm-Einheit

Die Bildschirm-Einheit ist über ein Verbindungskabel an die Steuereinheit angeschlossen.

Bei der Steuerung TNC 145 C wird folgender Bildinhalt angezeigt:



- Betriebsart
- Dialog-Fragen, Fehlermeldungen
- vorhergehender Programmsatz
- aktueller Programmsatz
- Editier-Zeilen
- nächster Programmsatz
- übernächster Programmsatz
- Werkzeugnummer, Werkzeugachse, Spindeldrehzahl und Status-Anzeige für die Zyklen Nullpunkt-Verschiebung und Spiegeln
- Absolutwerte der Nullpunkt-Verschiebungen
- Kreismittelpunkt CC im Absolutmaß
- Anzeige des Zyklus, der mit CYCL CALL aufgerufen werden kann

Status-Anzeige für Nullpunkt-Verschiebung und Spiegeln

Die Status-Anzeige für Nullpunkt-Verschiebung (siehe Kapitel I 6.3.7) und Spiegeln (siehe Kapitel I 6.3.8) gibt die aufgerufenen Nullpunkt-Verschiebungen und Spiegelungen an:

Anzeige der Achse in normaler Schrift: Nullpunkt-Verschiebung.
Anzeige der Achse in grün unterlegter Schrift: Spiegelung

Beispiel:

Wird in der Y-Achse gespiegelt und in der X-Y-Ebene der Nullpunkt verschoben, dann erscheint folgende Anzeige:
X Y Y

D) Fehler-Vermeidung und -Diagnose

D 1) Fehlermeldungen

Die TNC 145 C besitzt ein umfassendes Überwachungssystem zur Vermeidung von Eingabe- bzw. Bedienfehlern und zur Diagnose von technischen Defekten am System Steuerung – Maschine.

Überwacht werden:

.Programmier- und Bedienfehler
z.B. Fehlermeldungen
TASTE OHNE FUNKTION
KREIS-ENDPUNKT FALSCH
EINGABEWERT FALSCH

.Interne Steuerungs-Elektronik
z.B. Fehlermeldungen
TEMPERATUR ZU HOCH
PUFFERBATTERIE WECHSELN
STEUERUNGS-ELEKTRONIK DEFEKT

.Bestimmte Maschinenfunktionen
z.B. Fehlermeldungen
GROBER POSITIONIER-FEHLER
MESS-SYSTEM X DEFEKT
STEUERSPANNUNG FUER RELAIS FEHLT

Die Steuerung unterscheidet zwischen harmlosen und schwerwiegenden Fehlern, wobei die schwerwiegenden Fehler mit **blinkender** Anzeige gemeldet werden (z.B. Fehlfunktionen der Wegmeßsysteme, Antriebe und Fehler in der Elektronik der Steuerung); bei schwerwiegenden Fehlern wird die Maschine gleichzeitig über den **NOT-AUS**-Kontakt der Steuerung abgeschaltet.

D 2) Löschen von Fehlermeldungen

.harmlose Fehler
z.B. TASTE OHNE FUNKTION
Diese Fehler können durch Drücken der CE-Taste gelöscht werden.
.schwerwiegende Fehler
z.B. GROBER POSITIONIER-FEHLER
Diese Fehler werden **blinkend** angezeigt und können nur durch Ausschalten der Netzspannung der Steuerung gelöscht werden.

D 3) Fehlermeldung "Pufferbatterie wechseln"

Erscheint in der Dialog-Anzeige "PUFFERBATTERIE WECHSELN", so sind neue Batterien einzusetzen ("leere" Batterie hält den Speicherinhalt aber mindestens noch 1 Woche). Die Pufferbatterien befinden sich hinter der PG-Verschraubung auf der Bedientafel links unten (siehe Kapitel C). Beim Auswechseln der Batterien ist auf die richtige Polarität zu achten (Pluspol der Batterie nach außen).

Für den Austausch sind drei handelsübliche "Mignon-Zellen" mit der IEC-Bezeichnung "LR 6" der sog. "leak-proof"-Ausführung erforderlich. Wir empfehlen insbesondere die Verwendung von Mallory-Alkali-Batterien mit der Bezeichnung "MN 1500".

Bei leeren (oder fehlenden) Pufferbatterien werden die Speicher für die Maschinenparameter und für das Bearbeitungsprogramm vom Netz versorgt. Ein Weiterarbeiten ist also möglich – die Speicher werden jedoch bei einer Netzspannungs-Unterbrechung gelöscht. Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß **die TNC zum Batterie-Wechsel eingeschaltet sein muß: tritt während eines Batterie-Wechsels (bei entladener oder fehlender Batterie) eine Netzspannungs-Unterbrechung auf, so sind die Maschinen-Parameter (siehe Kapitel F 2) und das Bearbeitungsprogramm neu einzugeben.**

E) Die Dialoge der TNC 145 C

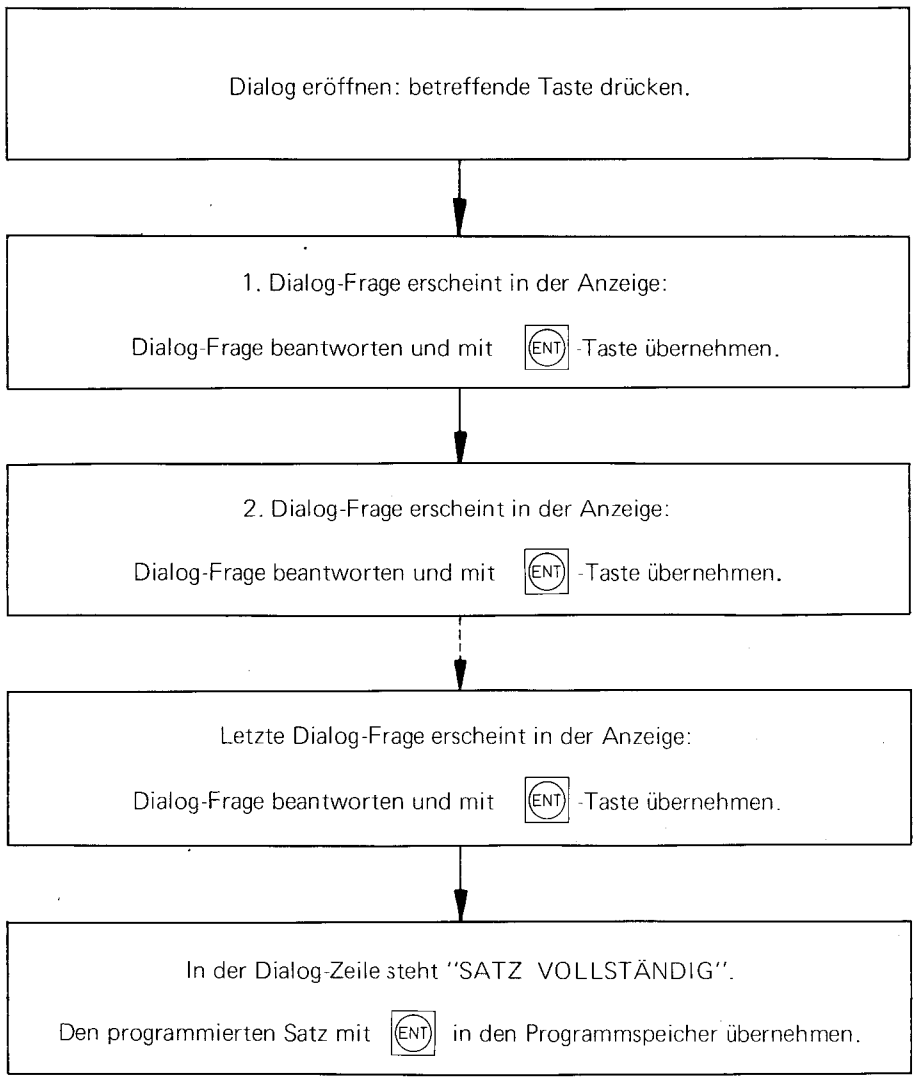
Bedienung und Programmierung der HEIDENHAIN-Steuerung TNC 145 C sind durch den Dialog charakterisiert. Nachdem der Bediener einen Dialog eröffnet hat, übernimmt die Steuerung die Führung bei der Programm-Eingabe durch Fragen im Klartext.

Beispiele für Fehlermeldungen im Klartext siehe Kapitel D).

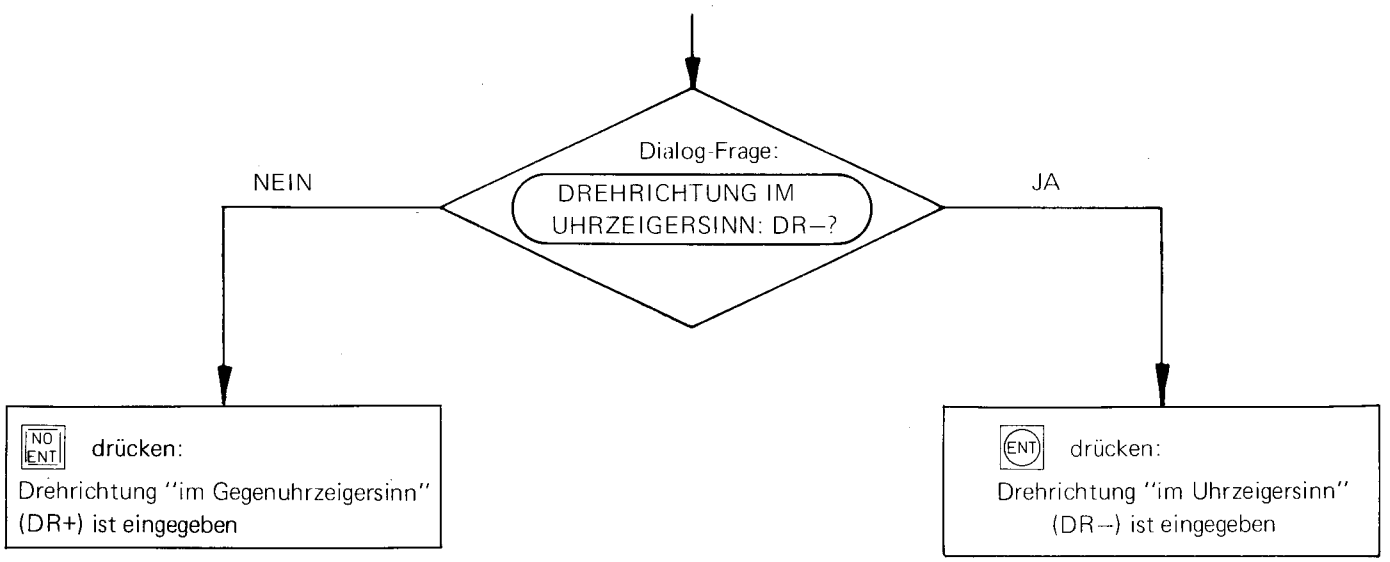
E 1) Möglichkeiten zur Eröffnung eines Dialoges

Die Dialog-Eröffnungstasten sind auf dem Ausschlagblatt auf Seite 2 dargestellt.

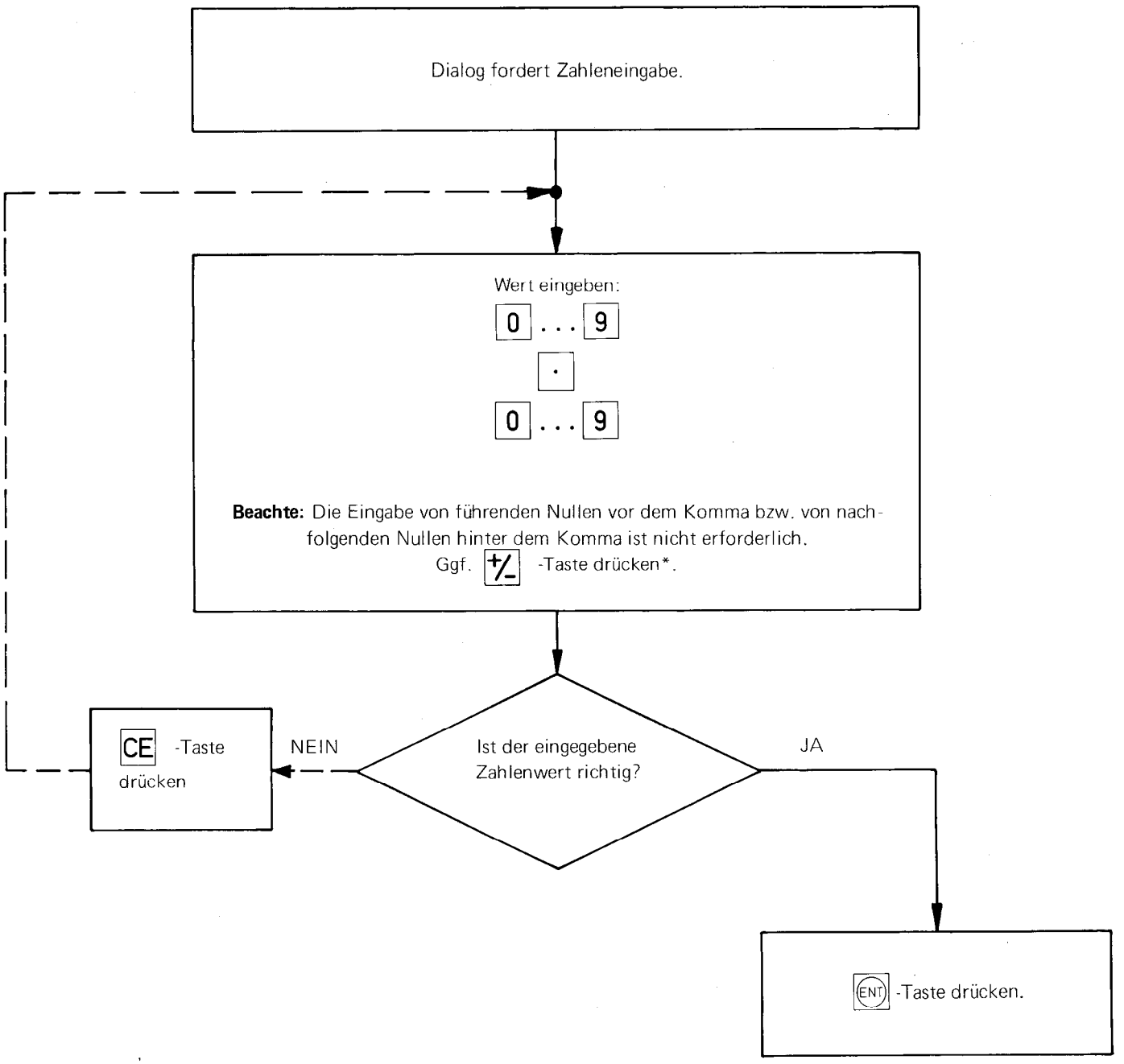
E 2) Regeln für die Beantwortung der Dialog-Fragen bei Programmsätzen


Dialog eröffnen: betreffende Taste drücken.
1. Dialog-Frage erscheint in der Anzeige:
Dialog-Frage beantworten und mit ENT -Taste übernehmen.
2. Dialog-Frage erscheint in der Anzeige:
Dialog-Frage beantworten und mit ENT -Taste übernehmen.
Letzte Dialog-Frage erscheint in der Anzeige:
Dialog-Frage beantworten und mit ENT -Taste übernehmen.
In der Dialog-Zeile steht "SATZ VOLLSTÄNDIG".
Den programmierten Satz mit ENT in den Programmspeicher übernehmen.

Bestimmte Dialog-Fragen können aber auch – ohne Eingabe eines Zahlenwertes – mit ENT oder mit NO ENT beantwortet werden: auf diese Dialog-Fragen wird in den einzelnen Kapiteln speziell hingewiesen.



E 3) Eingabe von Zahlenwerten


Dialog fordert Zahleneingabe.
Wert eingeben:
0 . . . 9
.
0 . . . 9
Beachte: Die Eingabe von führenden Nullen vor dem Komma bzw. von nachfolgenden Nullen hinter dem Komma ist nicht erforderlich.
Ggf. +/- -Taste drücken*.
Ist der eingegebene Zahlenwert richtig?
NEIN
CE -Taste drücken
JA
ENT -Taste drücken.

***Beachte:**
Bei Betätigung der Vorzeichenwechsel-Taste ändert sich das Vorzeichen des Wertes im Tastatur-Eingabe-Speicher.
Für das Eingeben von negativen Werten gilt:
Zuerst den Zahlenwert eintippen, dann das negative Vorzeichen.

Eingabefeinheit bei Positionswerten

Bei Eingabe in rechtwinkeligen Koordinaten:
bis 0,001 mm bzw. 0,0001 Zoll.

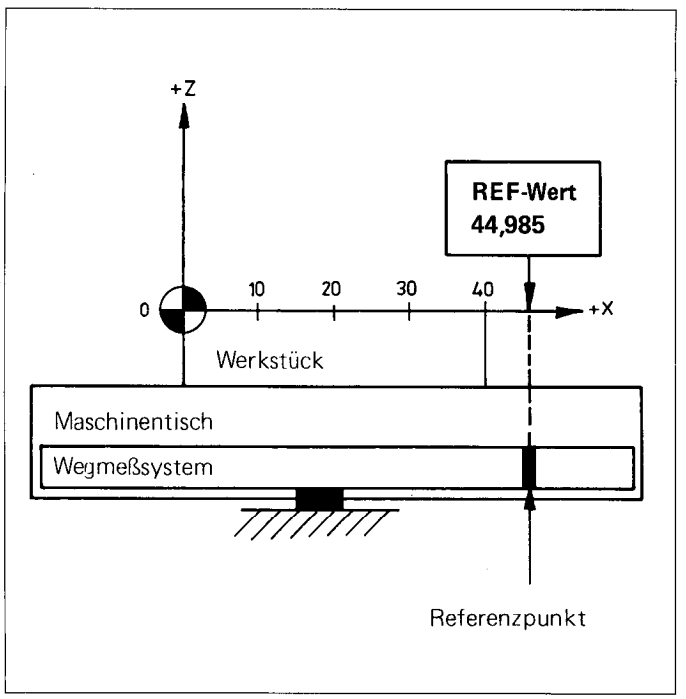
Bei Polarkoordinaten-Eingabe:
Polar-Radius PR bis 0,001 mm bzw. 0,0001 Zoll,
Polar-Winkel PA in Grad bis 0,001°.

F) Vorbereitende Tätigkeiten

F 1) Einschalten der TNC 145 C und Überfahren der Referenzpunkte

Die Wegmeßsysteme aller Maschinen-Achsen besitzen Referenzmarken. Diese liefern beim Überfahren ein Referenzmarken-Signal, das von der Steuerung zu einem Rechteck-Impuls weiterverarbeitet wird, der einen eindeutigen Bezug zwischen den Positionen der Maschinenachsen und den Positionswerten herstellt. Die Referenzmarken-Position auf den Maschinen-Achsen wird Referenzpunkt genannt.

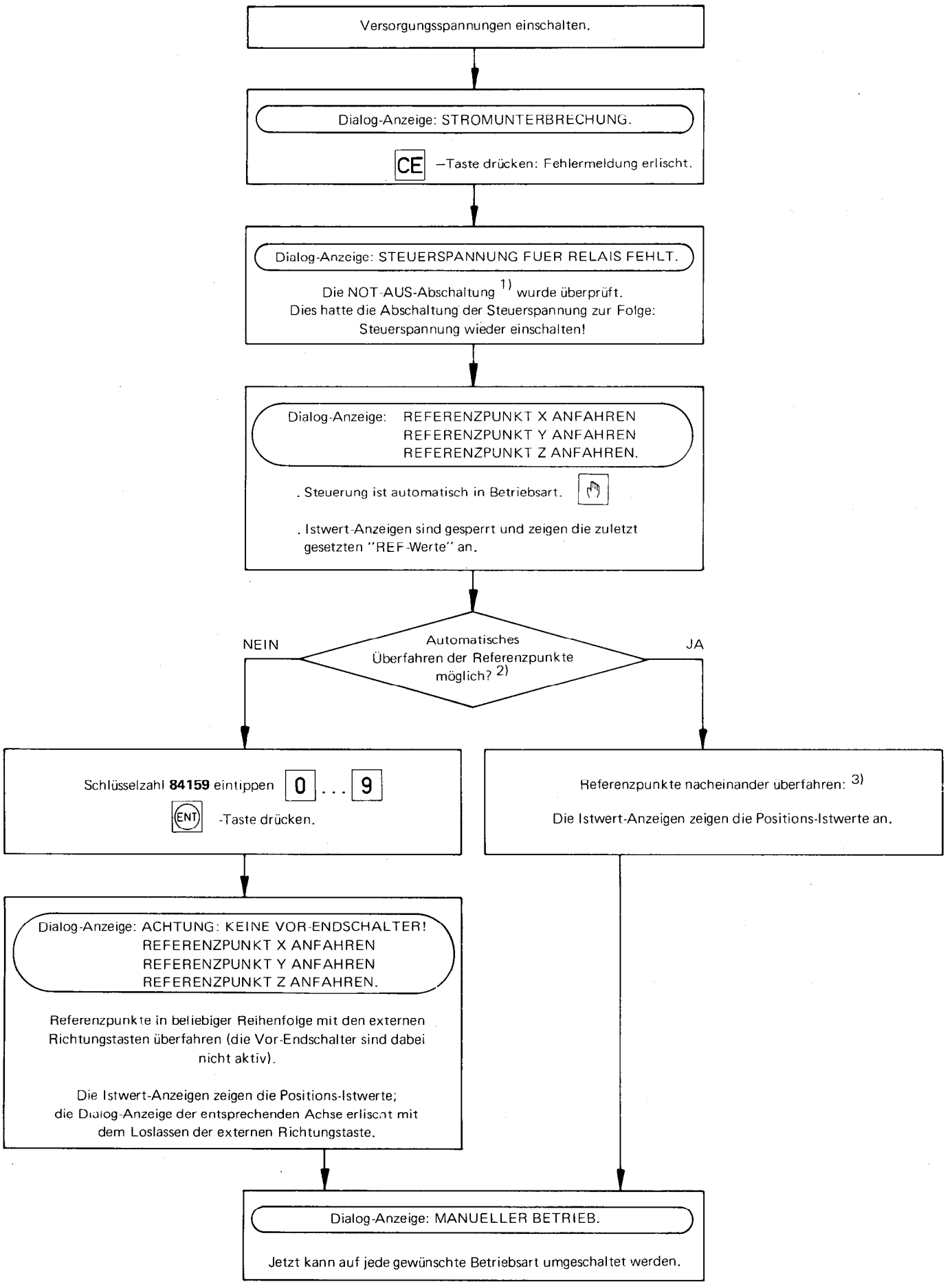
Die Referenzmarken müssen nach jeder Stromunterbrechung überfahren werden (da die TNC 145 C mit Software-Endschaltern ausgerüstet wurde) — andernfalls sind alle weiteren Bedienmöglichkeiten gesperrt! Außerdem wird durch das Überfahren der Referenzmarken **der letzte Bezugspunkt reproduziert, der vor der Stromunterbrechung gesetzt wurde** (siehe Kapitel B 1) und G 2)).



Beim Setzen eines Bezugspunktes werden den Referenzpunkten bestimmte Zahlenwerte, die sogenannten **"REF-Werte"** zugeordnet.

Diese Werte werden in der Steuerung automatisch eingespeichert so daß auch nach einer Stromunterbrechung der zuletzt festgelegte Bezugspunkt durch einfaches Überfahren der Referenzmarken wieder zur Verfügung steht.

Das Einschalten der TNC 145 C und das Überfahren der Referenzmarken geschieht wie folgt:


Versorgungsspannungen einschalten.
Dialog-Anzeige: STROMUNTERBRECHUNG.
CE -Taste drücken: Fehlermeldung erlischt.
Dialog-Anzeige: STEUERSPANNUNG FUER RELAIS FEHLT.
Die NOT-AUS-Abschaltung 1) wurde überprüft.
Dies hatte die Abschaltung der Steuerspannung zur Folge:
Steuerspannung wieder einschalten!
Dialog-Anzeige: REFERENZPUNKT X ANFAHREN
REFERENZPUNKT Y ANFAHREN
REFERENZPUNKT Z ANFAHREN.
. Steuerung ist automatisch in Betriebsart.
. Istwert-Anzeigen sind gesperrt und zeigen die zuletzt gesetzten "REF-Werte" an.
NEIN
Automatisches Überfahren der Referenzpunkte möglich? 2)
JA
Schlüsselzahl 84159 eintippen 0 ... 9
ENT -Taste drücken.
Referenzpunkte nacheinander überfahren: 3)
Die Istwert-Anzeigen zeigen die Positions-Istwerte an.
Dialog-Anzeige: ACHTUNG: KEINE VOR-ENDSCHALTER!
REFERENZPUNKT X ANFAHREN
REFERENZPUNKT Y ANFAHREN
REFERENZPUNKT Z ANFAHREN.
Referenzpunkte in beliebiger Reihenfolge mit den externen Richtungstasten überfahren (die Vor-Endschalter sind dabei nicht aktiv).
Die Istwert-Anzeigen zeigen die Positions-Istwerte; die Dialog-Anzeige der entsprechenden Achse erlischt mit dem Loslassen der externen Richtungstaste.
Dialog-Anzeige: MANUELLER BETRIEB.
Jetzt kann auf jede gewünschte Betriebsart umgeschaltet werden.

1) Diese Überprüfung der NOT-AUS-Abschaltung wird bei jedem Einschalten der Steuerung wegen der großen Bedeutung des NOT-AUS-Kreises für die Betriebssicherheit der Maschine und der Steuerung vorgenommen.

2) Durch die Maschinenparameter (siehe Kapitel F 2) wurde für das automatische Referenzpunktfahren Geschwindigkeit, Achsfolge und Verfahrrichtungen festgelegt. Vor jedem automatischen Referenzpunktfahren ist daher zu überprüfen, ob keine Hindernisse, z.B. eine Vorrichtung, im Wege steht.

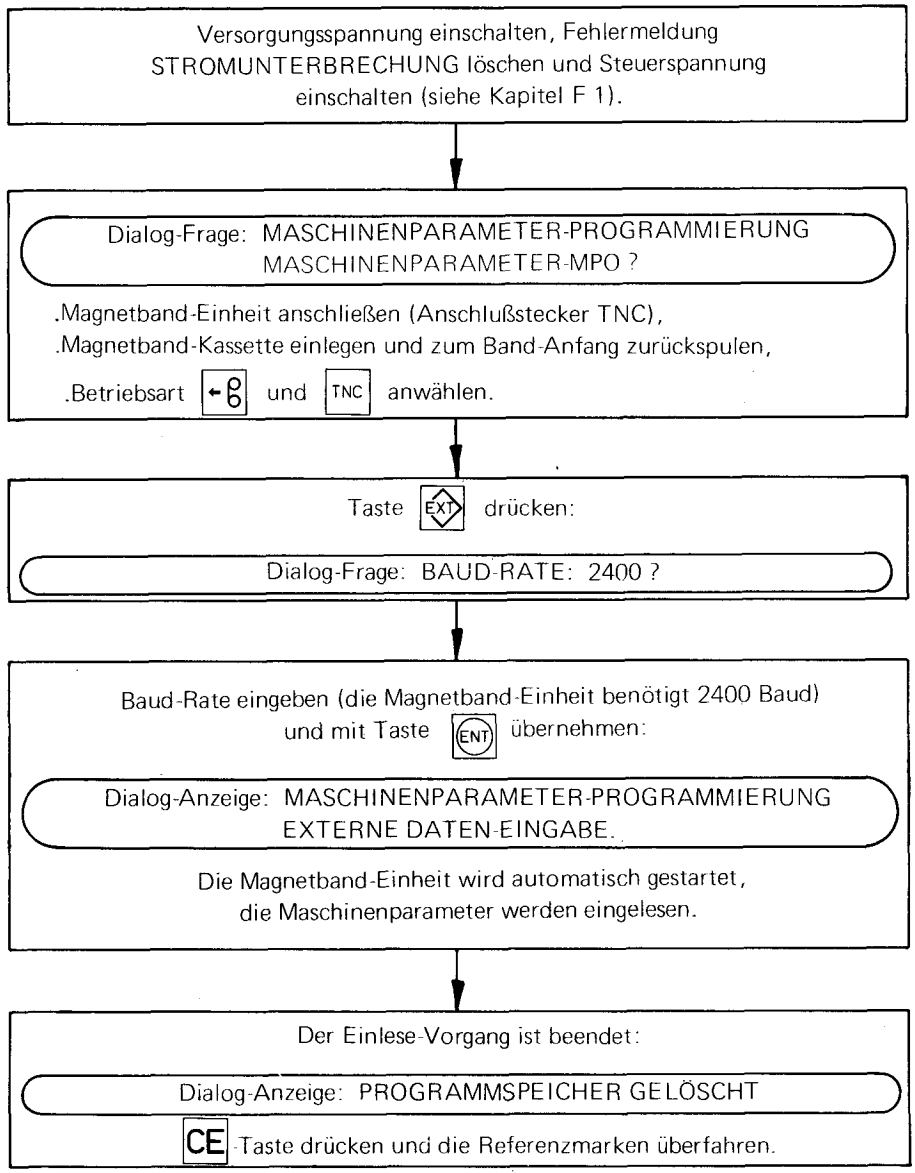
3) Das automatische Überfahren der Referenzpunkte wird mit der externen Start-Taste aktiviert. Aus Sicherheitsgründen muß jede Achse neu gestartet werden. Erst mit dem Überfahren des Referenzpunktes beginnt die betreffende Istwert-Anzeige zu zählen, die Dialog-Anzeige der entsprechenden Achse erlischt.

F 2) Programmierung der Maschinenparameter

Die Maschinenparameter werden vom Maschinen-Hersteller festgelegt und bei der Erst-Inbetriebnahme in die Steuerung eingegeben über einen Datenträger (ME/Kassette mit Maschinenparameter) oder durch Eintippen. Nach einer Netzspannungs-Unterbrechung mit entladener oder fehlender Pufferbatterie werden die Parameter von der Steuerung nach dem Löschen der Fehlermeldung "STEUERSPANNUNG FUER RELAIS FEHLT" angefordert und müssen entweder von Hand (wie in der Liste angegeben) oder z.B. mit Hilfe einer HEIDENHAIN-Magnetband-Einheit neu eingegeben werden.

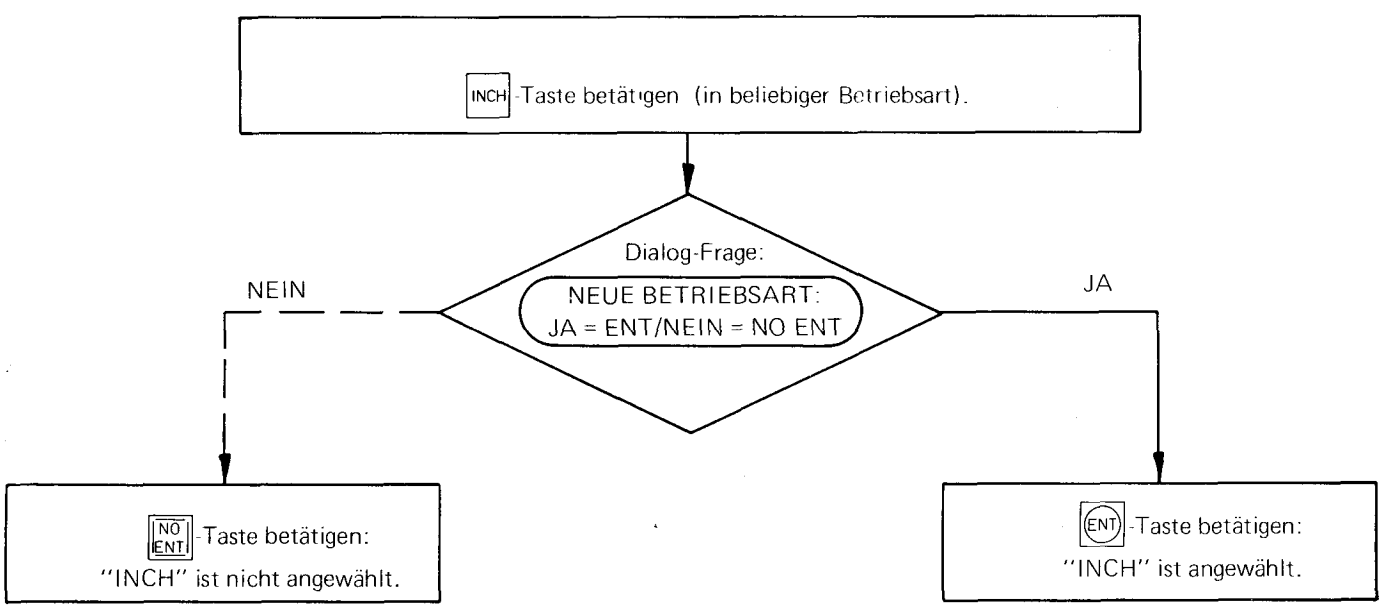
Codezahl	Eingabe-Wert (vom Maschinen-Hersteller einzutragen)
MASCHINENPARAMETER 00	
MASCHINENPARAMETER 01	
MASCHINENPARAMETER 02	
MASCHINENPARAMETER 03	
MASCHINENPARAMETER 04	
MASCHINENPARAMETER 05	
MASCHINENPARAMETER 06	
MASCHINENPARAMETER 07	
MASCHINENPARAMETER 08	
MASCHINENPARAMETER 09	
MASCHINENPARAMETER 10	
MASCHINENPARAMETER 11	
MASCHINENPARAMETER 12	
MASCHINENPARAMETER 13	
MASCHINENPARAMETER 14	
MASCHINENPARAMETER 15	
MASCHINENPARAMETER 16	
MASCHINENPARAMETER 17	
MASCHINENPARAMETER 18	
MASCHINENPARAMETER 19	
MASCHINENPARAMETER 20	
MASCHINENPARAMETER 21	
MASCHINENPARAMETER 22	
MASCHINENPARAMETER 23	
MASCHINENPARAMETER 24	
MASCHINENPARAMETER 25	
MASCHINENPARAMETER 26	
MASCHINENPARAMETER 27	
MASCHINENPARAMETER 28	
MASCHINENPARAMETER 29	
MASCHINENPARAMETER 30	
MASCHINENPARAMETER 31	
MASCHINENPARAMETER 32	
MASCHINENPARAMETER 33	
MASCHINENPARAMETER 34	
MASCHINENPARAMETER 35	

Codezahl	Eingabe-Wert (vom Maschinen-Hersteller einzutragen)
MASCHINENPARAMETER 36	
MASCHINENPARAMETER 37	
MASCHINENPARAMETER 38	
MASCHINENPARAMETER 39	
MASCHINENPARAMETER 40	
MASCHINENPARAMETER 41	
MASCHINENPARAMETER 42	
MASCHINENPARAMETER 43	
MASCHINENPARAMETER 44	
MASCHINENPARAMETER 45	
MASCHINENPARAMETER 46	
MASCHINENPARAMETER 47	
MASCHINENPARAMETER 48	
MASCHINENPARAMETER 49	
MASCHINENPARAMETER 50	
MASCHINENPARAMETER 51	
MASCHINENPARAMETER 52	
MASCHINENPARAMETER 53	
MASCHINENPARAMETER 54	
MASCHINENPARAMETER 55	
MASCHINENPARAMETER 56	
MASCHINENPARAMETER 57	
MASCHINENPARAMETER 58	
MASCHINENPARAMETER 59	
MASCHINENPARAMETER 60	
MASCHINENPARAMETER 61	
MASCHINENPARAMETER 62	
MASCHINENPARAMETER 63	
MASCHINENPARAMETER 64	
MASCHINENPARAMETER 65	
MASCHINENPARAMETER 66	
MASCHINENPARAMETER 67	
MASCHINENPARAMETER 68	
MASCHINENPARAMETER 69	
MASCHINENPARAMETER 70	
MASCHINENPARAMETER 71	
MASCHINENPARAMETER 72	



F 3) mm/Zoll-Umschaltung INCH

Die Steuerung kann entweder im metrischen Maßsystem oder im Zoll-Maßsystem programmiert werden. Die Umschaltung von "mm" auf "Zoll" soll vor der Eingabe des Programms erfolgen. Das Umschalten ist durch einen Dialog gesichert:



Beachte:

Das Zoll-Maßsystem kann ausgeschaltet werden durch erneutes Drücken der Taste INCH und ENT .

G) Manueller Betrieb (Handbetrieb)

G 1) Manuelles Verfahren der Maschinen-Achsen

Die Steuerung ist nach dem Einschaltvorgang automatisch in der Betriebsart "Manuell". In dieser Betriebsart können die Achsen über die Richtungstasten, die sich auf dem Maschinen-Bedienfeld befinden, verfahren werden. Die Verfahrgeschwindigkeit kann entweder

a) über das Override-Potentiometer der Steuerung

oder

b) über ein externes Potentiometer

eingestellt werden, je nachdem wie die Steuerung an die Maschine angepaßt wurde.

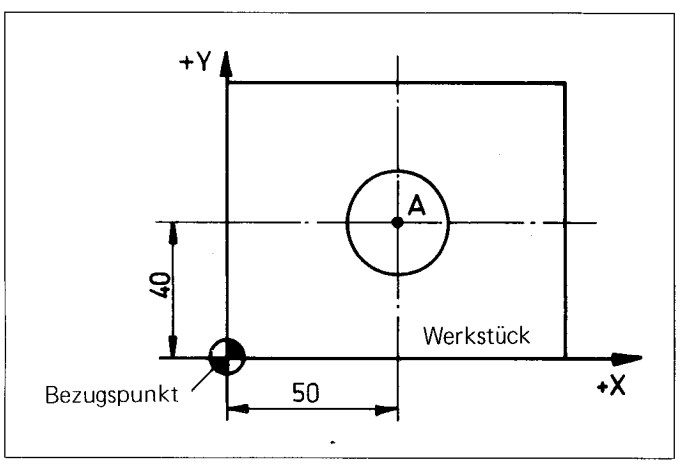
Die Maschinen-Achsen können auf zwei Arten verfahren werden:

.Tippbetrieb
Die gewünschte Achsrichtungs-Taste wird gedrückt und die angewählte Maschinen-Achse verfährt. Sie wird wieder gestoppt durch Loslassen der Achsrichtungs-Taste.

.Kontinuierlicher Betrieb
Wird nach Betätigung einer Achsrichtungs-Taste auch die externe Start-Taste gedrückt, so fährt die angewählte Maschinen-Achse auch nach dem Loslassen der Tasten weiter. Sie wird gestoppt durch das Drücken der externen (STOP) Taste.

G 2) Bezugspunkt-Setzen

Zur Bearbeitung eines Werkstücks müssen die Anzeigewerte den Werkstück-Positionen entsprechen; beim Bezugspunkt-Setzen werden die drei Istwert-Anzeigen nach dem Werkstück auf vorgegebene Werte gesetzt (man setzt also in die Anzeigen bestimmte Zahlen als Ausgangswerte, wobei die Maschinen-Achsen eine ganz bestimmte Position haben). Sind z.B. die Werkstückmaße der nachstehenden Skizze entsprechend auf die linke untere Ecke bezogen, so stellt die Ecke den Werkstück-Bezugspunkt dar, und es ist den Achsen X und Y für diese Position der Anzeigewert 0 zuzuordnen.

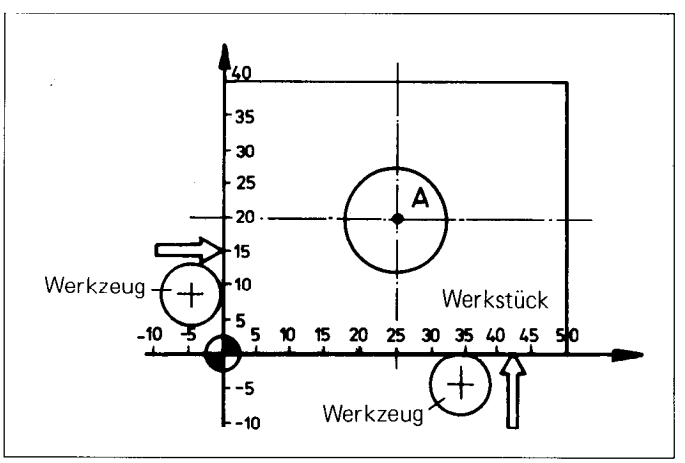


Dazu kann entweder

a) der Werkstück-Bezugspunkt eingefahren werden (z.B. mit einem optischen Kantensucher) und dann die X-Anzeige und die Y-Anzeige auf 0 gesetzt werden.

b) die bekannte Position A eingefahren (z.B. mit einem Zentriergerät für die Bohrung) und die X-Anzeige dann auf 50 und die Y-Anzeige auf 40 gesetzt werden

oder



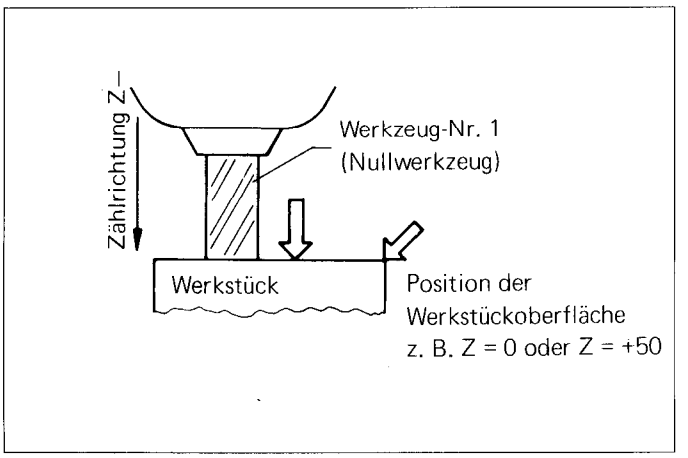
c) der Werkstück-Bezugspunkt durch Antasten des Werkstücks festgelegt werden. Mit dem Werkzeug (bzw. einem mechanischen Kantensucher) – das einen Durchmesser von 10 mm haben soll – wird zuerst die linke Werkstück-Kante angefahren und bei Berühren die X-Anzeige auf -5 gesetzt und hernach die untere Werkstück-Kante angefahren und im Berührungspunkt die Y-Anzeige auf -5 gesetzt.

Das Setzen der beiden Achsen entspricht dem Fall b) (statt 50 und 40 ist nun der Wert -5 einzugeben).

In unserem Beispiel war die Z-Achse die Werkzeug-Achse. Die Festlegung des Werkstück-Bezugspunktes für die Z-Achse geschieht auf verschiedene Arten, je nachdem, welche Werkzeuge verwendet werden.

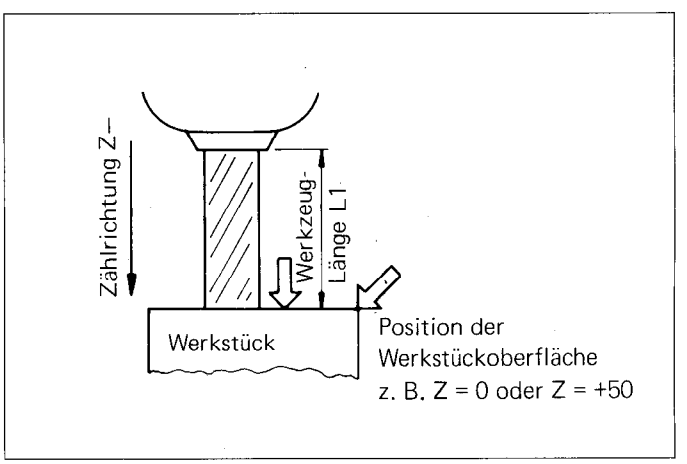
a) Werkzeuge in Spannzangen (ohne bzw. mit Längenanschlag)
Zur Festlegung des Werkstück-Bezugspunktes für die Werkzeug-Achse muß das erste Werkzeug eingespannt werden (Nullwerkzeug, siehe auch Kapitel I 1.1 "Werkzeug-Definition"). Soll z.B. der Werkstück-Oberfläche der Bezugswert 0 zugeordnet werden, so tastet man mit dem Werkzeug die Werkstück-Oberfläche an und setzt in dieser Position die Z-Achse auf 0 (entsprechend dem Fall a) für die Achsen X und Y).

Hat die Werkstück-Oberfläche einen von 0 verschiedenen Wert, so ist der Istwert-Zähler der Werkzeug-Achse auf den betreffenden Bezugswert zu setzen, z.B. auf + 50.



b) Voreingestellte Werkzeuge
Bei voreingestellten Werkzeugen sind die Werkzeug-Längen bereits bekannt. Mit einem beliebigen Werkzeug wird die Oberfläche des Werkstücks angetastet. Um der Werkstück-Oberfläche den Wert 0 zuzuordnen, wird der Istwert-Zähler der Werkzeug-Achse auf die Länge + L 1 des betreffenden Werkzeugs gesetzt .

Hat die Werkstück-Oberfläche einen von 0 verschiedenen Wert, so muß der Istwert-Zähler der Werkzeug-Achse auf folgenden Bezugswert gesetzt werden:

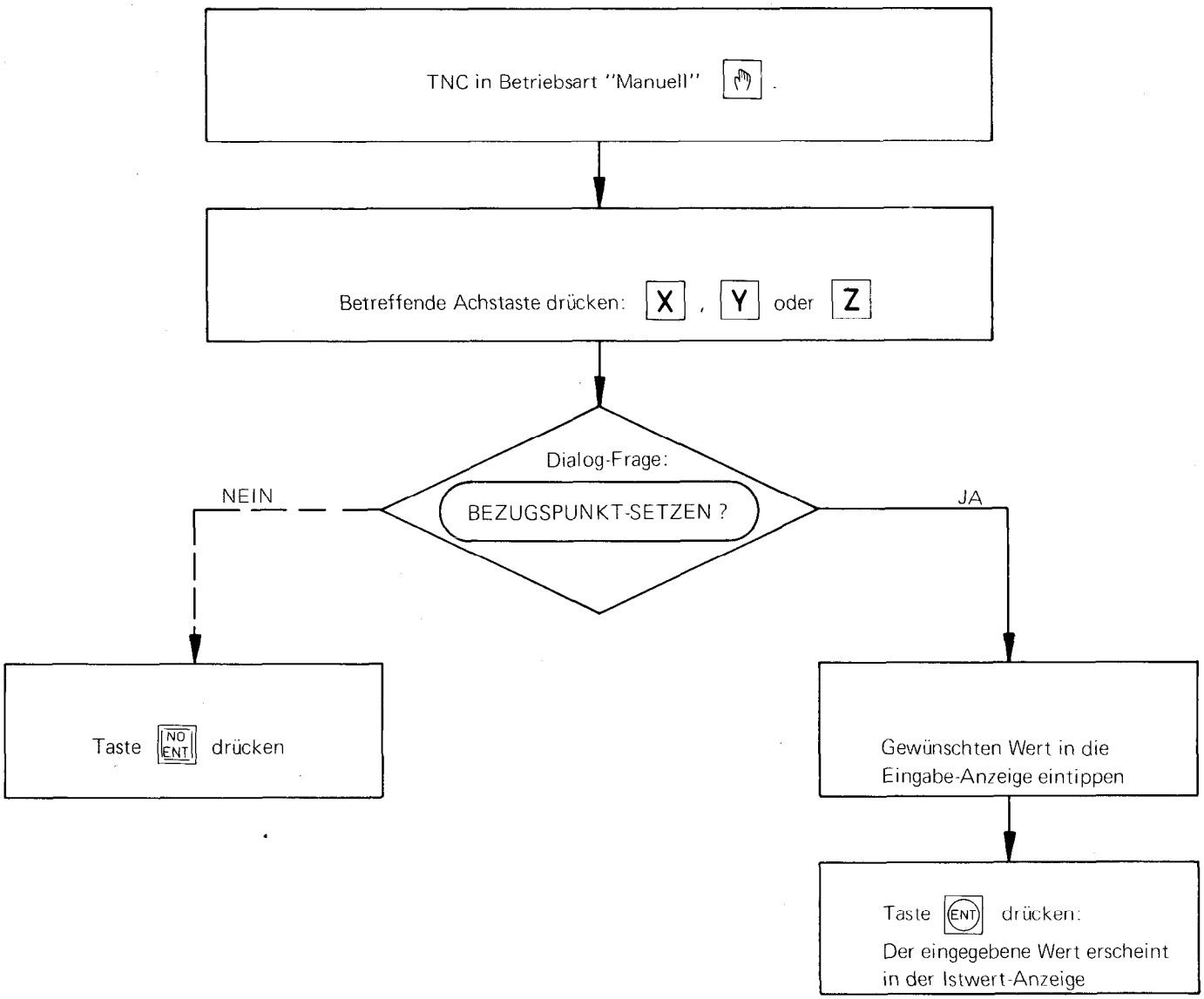


(Bezugswert Z) = (Werkzeug-Länge L 1) + (Position Oberfläche)

Beispiel:
Werkzeug-Länge L = 100 mm; Position der Werkstück-Oberfläche + 50 mm.

(Bezugswert Z) = 100 mm + 50 mm = 150 mm.

Das Setzen der Istwert-Anzeigen geschieht wie folgt:



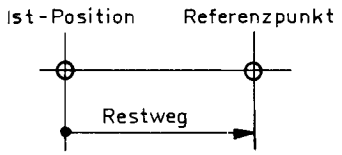
Beachte:

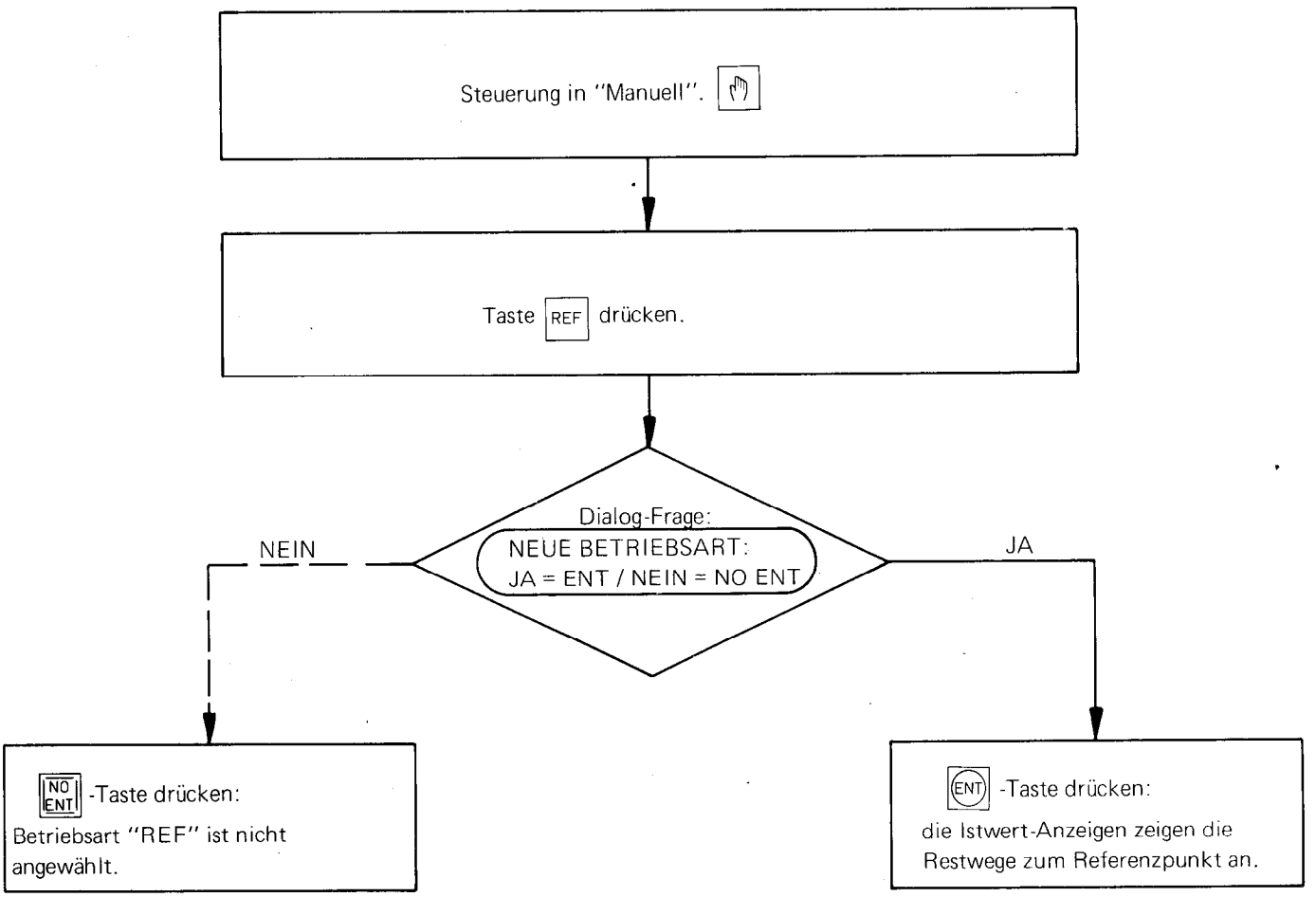
Wenn REF eingeschaltet ist, kann der Bezugspunkt nicht gesetzt werden (siehe Kapitel G 3)!

G 3) Betriebsart [REF]

Die angezeigten Positions-Istwerte beziehen sich auf den festgelegten Bezugspunkt; nur wenn Betriebsart "REF" eingeschaltet ist, geben die Istwert-Anzeigen **die Restwege** (Differenz zwischen Istpositions-Koordinaten und REF-Werten) an.

Das Einschalten der [REF] -Funktion geschieht wie folgt:





Beachte:
Die Betriebsart "REF" wird ausgeschaltet durch erneutes Drücken der Tasten [REF] und [ENT]

H) Betriebsart "Elektronisches Handrad" [⊛]

Die Steuerung kann mit einem elektronischen Handrad ausgerüstet werden – dadurch wird das Einrichten der Maschine wesentlich erleichtert.

Das Handrad ist aktiv, wenn die Betriebsart [⊛] eingeschaltet ist. Mit den TNC-Achs-Tasten kann das Handrad auf die Achsen X, Y und Z umgeschaltet werden.

Die Verfahrgeschwindigkeit wird durch den Unterteilungs-Faktor festgelegt.
Der gewünschte Unterteilungs-Faktor wird eingetippt und durch Drücken der Taste [ENT] übernommen.
Mögliche Eingabewerte: 1 ... 10.

Beachte:
In Abhängigkeit vom Eilgang der Maschine werden Unterteilungs-Faktoren für große Geschwindigkeiten gesperrt.

Unterteilungs-Faktor	**Verfahrweg in mm/Umdrehung des Handrades**
1	10 mm
2	5 mm
3	2,5 mm
4	1,25 mm
5	0,625 mm
6	0,313 mm
7	0,156 mm
8	0,078 mm
9	0,039 mm
10	0,020 mm

Beachte:
In dieser Betriebsart sind auch die externen Achsrichtungs-Tasten aktiv!

I) Betriebsart "Programmieren"

I 1) Werkzeug-Korrekturen

I 1.1) Werkzeug-Definition TOOL DEF

Die TNC 145 C berücksichtigt Werkzeugkorrekturen – daher können beim Eingeben eines Bearbeitungsprogrammes unmittelbar die Zeichnungsmaße für die Werkstück-Kontur programmiert werden. Zur Korrektur ist die Angabe des Radius und der Länge der Werkzeuge erforderlich. Diese Daten werden in der sogenannten Werkzeug-Definition (TOOL DEFINITION) eingegeben.

Die Eingabe der Werkzeug-Definitions-Daten kann an beliebiger Stelle des Bearbeitungsprogramms erfolgen. Über die Suchroutine kann eine bestimmte Werkzeug-Definition rasch aufgerufen und gegebenenfalls geändert werden (siehe Kapitel I 8.6).

Beachte:
Während die Länge des Werkzeuges nach dem Werkzeug-Aufruf automatisch verrechnet wird, muß in jedem Positioniersatz angegeben werden, **wie** der Radius verrechnet werden soll. Es ist hier streng zu unterscheiden zwischen **achsparallelem Betrieb** (wie bei TNC 135) und **Bahnbetrieb:**

Wie in den Kapiteln I 3 ("Der achsparallele Positioniersatz") bzw. I 4 ("Die Bahnprogrammierung") beschrieben, wird die Radiuskorrektur in beiden Betriebsarten unterschiedlich verrechnet.

Dialog-Eröffnung: Taste TOOL DEF

Dialog-Frage: WERKZEUG-NUMMER?

Mögliche Eingabewerte:
bei Maschinen **ohne** automatischen Werkzeugwechsel: 1 – 255
bei Maschinen **mit** automatischem Werkzeugwechsel: 1 – 99.
(Die Steuerung gibt nur die Werkzeugnummern 1 – 99 codiert aus.)

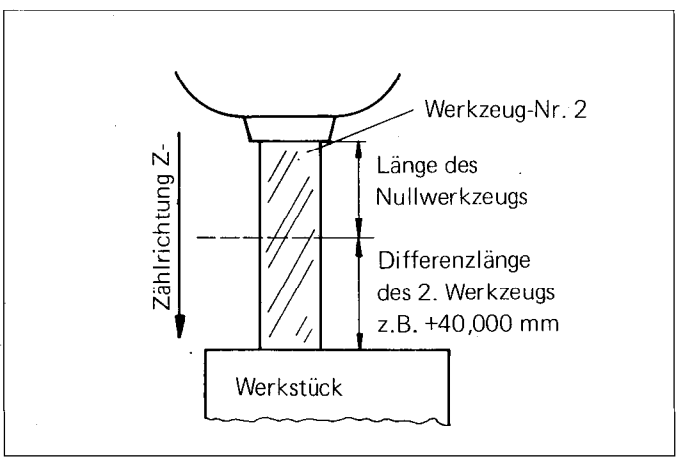
Beachte:
Es darf kein Werkzeug mit der Nummer 0 definiert werden (diese Werkzeug-Nummer ist bereits intern belegt für "kein Werkzeug", d.h. für Länge L = 0 und Radius R = 0).

Dialog-Frage: WERKZEUG-LÄNGE L?

Der Korrekturwert für die Werkzeuglänge L kann auf verschiedene Arten ermittelt werden:

a) Werkzeuge in Spannzangen ohne Längenanschlag
Zuerst muß der Bezugspunkt der Werkzeug-Achse festgelegt werden (siehe Kapitel G 2). Dazu wird die Oberfläche des Werkstücks mit dem ersten Werkzeug angetastet und die Istwert-Anzeige der betreffenden Achse gesetzt (z.B. Z-Achse). Das erste Werkzeug wird als Nullwerkzeug definiert, d.h. in die Werkzeug-Definition für das erste Werkzeug wird eingegeben:

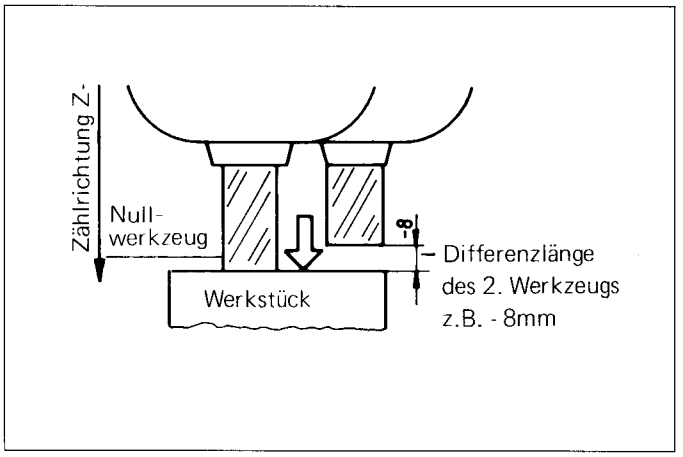
Werkzeug-Länge L = 0.



Für alle folgenden Werkzeuge (auch bei erneutem Einsetzen von Werkzeug 1), muß die Differenzlänge, bezogen auf das erste Werkzeug, eingegeben werden. Falls der Werkstück-Oberfläche die Position Z = 0 zugeordnet wurde, kann der Längen-Korrekturwert nach dem Einsetzen des neuen Werkzeugs durch Antasten der Werkstück-Oberfläche ermittelt werden. Der Korrekturwert wird in der Istwert-Anzeige der Z-Achse angezeigt und kann mit der Taste ✛ als Eingabewert (einschließlich Vorzeichen) übernommen werden. Dieser Wert wird in die Werkzeug-Definition für das betreffende Werkzeug eingegeben:
z.B. Werkzeug-Länge L = 40,000.

Hat die Werkstück-Oberfläche einen von 0 verschiedenen Wert, so ist die Werkzeug-Länge nach dem Setzen des Bezugspunktes auf folgende Art zu ermitteln:
Werkstück-Oberfläche antasten und den Zahlenwert in der Istwert-Anzeige der Werkzeug-Achse (mit Vorzeichen) notieren; den Korrekturwert L nach folgender Formel ermitteln:

(Korrekturwert L = (Istwert Z) – (Position Oberfläche)



Beispiel:
Istwert der Z-Achse = + 42, Position der Oberfläche = + 50
Korrekturwert L = (+ 42) – (+ 50) = – 8.
Dieser Wert wird in der betreffenden Werkzeug-Definition eingegeben:
Werkzeug-Länge L = – 8.

b) Werkzeuge in Spannzangen mit Längenanschlag
Die Bestimmung des Korrektur-Wertes für die Werkzeug-Länge erfolgt wie unter a) beschrieben. Ein einmal festgelegter Korrektur-Wert ändert sich jedoch nicht nach dem Aus- bzw. Einspannen des Werkzeugs.

c) Voreingestellte Werkzeuge
Bei voreingestellten Werkzeugen wird die Länge des Werkzeugs am Voreinstellgerät ermittelt, d.h. alle Werkzeug-Längen sind bereits bekannt und brauchen nicht mehr auf der Maschine bestimmt zu werden. Als Längen-Definition werden die am Voreinstellgerät ermittelten Werkzeug-Längen eingegeben.

Dialog-Frage: WERKZEUG-RADIUS R?

Der Werkzeug-Radius wird positiv eingegeben. Die Korrektur**richtung** wird im Positioniersatz festgelegt.

Sonderfall:
Programmierung achsparalleler Positioniersätze im Play-Back-Verfahren (siehe Kapitel I 3.2).
In diesem Fall wird die Maschine manuell (Handrad, Achs-Taste) auf den zu speichernden Positions-Istwert verfahren. Dieser Positions-Istwert enthält für das verwendete Werkzeug die Längen- bzw. Radiuskorrektur. In die Werkzeug-Definition für dieses Werkzeug 1 sind die Werte L1 = 0, R1 = 0 einzugeben und der Radius R1 des verwendeten Werkzeugs ist aufzuschreiben. Die Programmierung der Positioniersätze im "Play-Back-Verfahren" erfolgt mit Eingabe der jeweils richtigen Radiuskorrektur: R+, R–, R0.

Bei einem evtl. Werkzeugbruch und Einsatz eines neuen Werkzeuges, dessen Radius R2 nicht mit R1 übereinstimmt, ist nur die Radius-Differenz zwischen den beiden Werkzeugen als Korrektur einzugeben:

Radiuskorrektur = R2 – R1

Dieser Radiuskorrektur-Wert kann **positiv oder negativ** sein und ist in die Werkzeug-Radius-Definition für R1 einschließlich des errechneten Vorzeichens einzugeben. Auch die Längenkorrektur ist neu einzugeben.

Beachte:
Die Werkzeug-Definition belegt einen Programmsatz. In der Dialog-Anzeige erscheint folgender Satz:

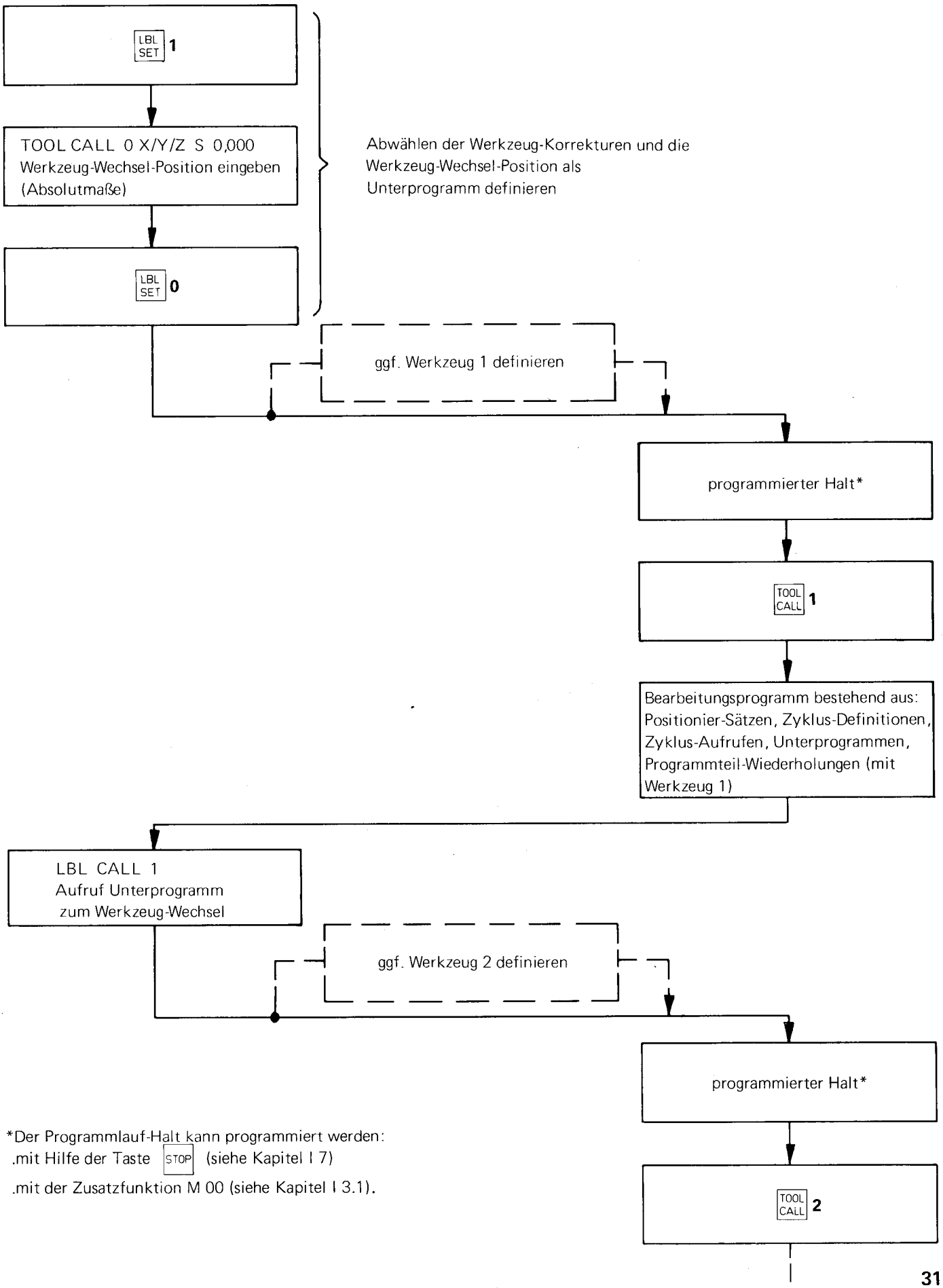
... TOOL DEF ... L ...
R ...

I 1.2) Werkzeug-Aufruf/Werkzeug-Wechsel TOOL CALL

Beim Werkzeug-Wechsel müssen mit der Taste TOOL CALL die Daten (Länge und Radius) für das neue Werkzeug aufgerufen werden.

Beachte:
Vor jedem Werkzeug-Wechsel ist ein Programmlauf-Halt zu programmieren – nur wenn der Werkzeug-Aufruf lediglich zum Ändern der Drehzahl dient, kann der programmierte Halt entfallen.

Programmier-Schema für den Werkzeug-Wechsel



*Der Programmlauf-Halt kann programmiert werden:
.mit Hilfe der Taste STOP (siehe Kapitel I 7)
.mit der Zusatzfunktion M 00 (siehe Kapitel I 3.1).

Dialog-Eröffnung: Taste TOOL CALL

Dialog-Frage: WERKZEUG-NUMMER?

Mögliche Eingabewerte: 0 – 255 (bei automatischem Werkzeug-Wechsel 0 – 99).

Beachte:
Wenn nach einem Werkzeug-Aufruf ausnahmsweise ohne Korrektur verfahren werden soll, muß ein Werkzeug-Aufruf mit der Nummer 0 programmiert und mit der externen Start-Taste abgearbeitet werden (das Werkzeug mit der Nummer 0 ist bereits vorprogrammiert als "kein Werkzeug", d.h. Länge L = 0 und Radius R = 0).

Dialog-Frage: SPINDELACHSE PARALLEL X/Y/Z ?

Angabe der Achse, zu der die Spindelachse parallel liegt; in dieser Achse wirkt die Korrektur der Werkzeug-Länge, in den beiden anderen Achsen wird ggf. die Radiuskorrektur wirksam.

Dialog-Frage: SPINDELDREHZAHL S = (U/MIN)?

Eingabe erfolgt mit maximal vier Stellen in Umdrehungen/Min. Die Steuerung rundet ggf. automatisch auf den nächsten Normwert auf.

Beachte:
Der Maschinen-Hersteller legt mit Eingabe der Maschinendaten eine bestimmte Drehzahlreihe fest. Wird eine Drehzahl außerhalb der festgelegten Drehzahlreihe programmiert, so erscheint beim Abarbeiten des Programms die Fehlermeldung: FALSCHE DREHZAHL.

Der Werkzeug-Aufruf belegt nur einen Programmsatz. In der Dialog-Anzeige erscheint folgender Satz:

... TOOL CALL ... X/Y/Z S ...

Folgende Drehzahlen sind programmierbar

U/min	U/min	U/min	U/min	U/min
0	1	10	100	1000
0,112	1,12	11,2	112	1120
0,125	1,25	12,5	125	1250
0,14	1,4	14	140	1400
0,16	1,6	16	160	1600
0,18	1,8	18	180	1800
0,2	2	20	200	2000
0,224	2,24	22,4	224	2240
0,25	2,5	25	250	2500
0,28	2,8	28	280	2800
0,315	3,15	31,5	315	3150
0,355	3,55	35,5	355	3550
0,4	4	40	400	4000
0,45	4,5	45	450	4500
0,5	5	50	500	5000
0,56	5,6	56	560	5600
0,63	6,3	63	630	6300
0,71	7,1	71	710	7100
0,8	8	80	800	8000
0,9	9	90	900	9000

Werkzeug-Aufruf mit der Werkzeug-Nummer 0
Soll in einem Bearbeitungsprogramm nach einem Werkzeug-Aufruf ohne Korrektur verfahren werden, dann ist ein Werkzeug-Aufruf mit der Werkzeug-Nummer 0 zu programmieren:

... TOOL CALL 0 X/Y/Z S ...

Wird dieser Werkzeug-Aufruf in Betriebsart , oder gestartet, dann werden die aktiven Werkzeugkorrekturen abgewählt und die Maschine verfährt die Achsen auf die programmierten, unkorrigierten Positions-Sollwerte.

I 2) Eingabe von Positions-Sollwerten in Absolutmaßen oder Kettenmaßen [I]

Positions-Sollwerte sind entweder Absolutmaße oder Kettenmaße (siehe Kapitel B 2). Dies gilt für kartesische Koordinaten (X, Y, Z) und für Polarkoordinaten (PR, PA).
Bei Kettenmaß-Programmierung ist die Taste [I] zu drücken (die zugeordnete Lampe leuchtet). Durch erneutes Betätigen der Taste wird wieder die Absolutmaß-Programmierung angewählt (die zugeordnete Lampe erlischt).

Die Taste [I] kann entweder vor Eröffnung des Dialogs oder auch nach der Eröffnung (bis zur Betätigung der [ENT]-Taste) gedrückt werden.

I 3) Der achsparallele Positioniersatz [X] [Y] [Z]

I 3.1) Programmierung per Tastatur

Die Steuerung TNC 145 C ist eine Bahnsteuerung mit Zirkular- und Linear-Interpolation. Entsprechend können achsparallele Positioniersätze als Sonderfall der Linear-Interpolation programmiert werden. Andererseits kann – als Besonderheit – mit der TNC 145 C im achsparallelen Betrieb wie mit den HEIDENHAIN-Steuerungen TNC 131/135 gearbeitet werden:

Der Dialog wird eröffnet mit einer Achs-Taste: [X] , [Y] oder [Z] ;

Dialog-Frage: POSITIONS-SOLLWERT?

Positions-Sollwert eingeben (absolut oder inkremental).

Dialog-Frage: RADIUSKORR. R+/R–/KEINE KORR.?

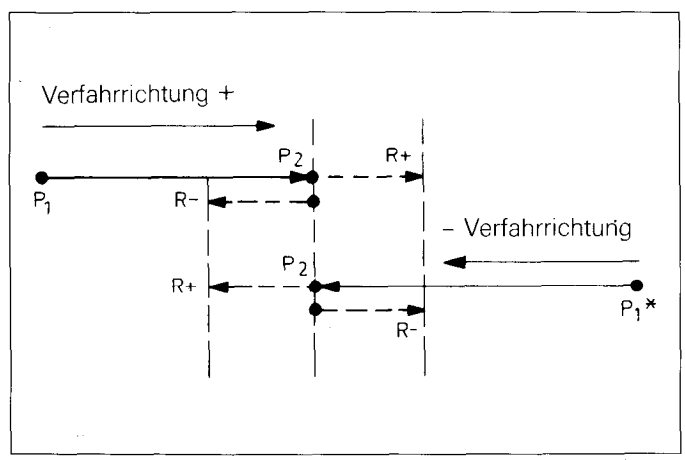
Es ist lediglich festzulegen, ob sich die Verfahrstrecke durch die Radiuskorrektur verlängern (Taste [R+]) oder verkürzen (Taste [R-]) soll.

Anwählen der Korrektur geschieht durch Drücken der entsprechenden Taste – die zugeordnete Lampe leuchtet.

Beachte:
Die Bezeichnung [R+] und [R-] ergibt sich auf Grund der Doppelfunktion dieser Tasten.
Beim achsparallelen Positioniersatz wirken die Tasten als R+ Korrektur bzw. als R– Korrektur.

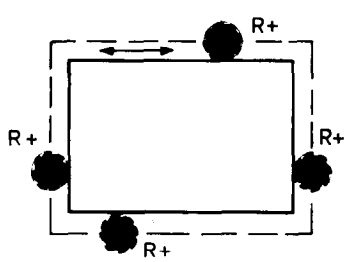
Im Bahnbetrieb wird mit diesen Tasten eingegeben, ob sich das Werkzeug in Vorschubrichtung rechts = R^R oder links = R^L von der Kontur befindet (siehe Kapitel I 4 "Die Bahnprogrammierung").

Beim **achsparallelen Positioniersatz** wird durch Drücken der Tasten [R+] und [R-] die Korrektur, wie auf der Skizze dargestellt verrechnet.



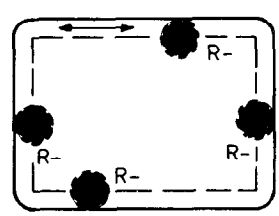
Die Werkzeugradius-Korrektur am Beispiel einer Außenkontur

R+ ... Verfahrweg ist durch Korrektur größer als Zeichnungsmaß.



Die Werkzeugradius-Korrektur am Beispiel einer Innenkontur

R– ... Verfahrweg ist durch Korrektur kleiner als Zeichnungsmaß.



Wenn keine Radiuskorrektur eingegeben werden soll, darf keine der beiden Lampen leuchten:
[R+] bzw. [R-] wird ausgeschaltet durch Drücken der Taste, deren Meldelampe leuchtet.

Beachte:
Die Dialog-Frage nach der Radiuskorrektur erscheint auch bei der Eingabe eines Positioniersatzes für jene Achse, die beim Werkzeug-Aufruf als Spindelachse festgelegt wurde. Eine Verrechnung des Radiuskorrektur-Wertes erfolgt in dieser Achse nicht, unabhängig davon, ob R+, R– oder R0 eingegeben wird.

Dialog-Frage: VORSCHUB? F = ...

Eingabe der gewünschten Vorschubgeschwindigkeit in mm/min. bzw. 0,1 Zoll/min. mit maximal vier Stellen, wobei für den maximalen Vorschub (Eilgang) F 9999 programmiert wird.

Dialog-Frage: ZUSATZFUNKTION M?

Mit einem M-Wort wird eine Zusatz- bzw. Schaltfunktion programmiert. Man kann z.B. die Hauptspindel ein- bzw. ausschalten.

Spezielle M-Funktionen mit Einfluß auf den Programmablauf:

M 00 Unterbricht den Programmablauf nach Abarbeiten des betreffenden Satzes: "Spindel Halt" und "Kühlmittel aus" werden ausgegeben.

M 02 Unterbricht den Programmlauf nach Abarbeiten des betreffenden Satzes und wählt Satz 1 an: außerdem wird "Spindel Halt" und "Kühlmittel aus" ausgegeben.

M 03 "Spindel im Uhrzeigersinn" – zu Beginn des Satzes.

M 04 "Spindel im Gegenuhrzeigersinn" – zu Beginn des Satzes.

M 05 "Spindel Halt" – am Ende des Satzes.

M 06 "Werkzeug-Wechsel" – weitere Funktion wie M 00.

M 08 "Kühlmittel ein" – zu Beginn des Satzes.

M 09 "Kühlmittel aus" – am Ende des Satzes.

M 13 "Spindel im Uhrzeigersinn" und "Kühlmittel ein".

M 14 "Spindel im Gegenuhrzeigersinn" und "Kühlmittel ein".

M 25 "Spindel Halt", Anfahren der Referenzmarke ohne Korrektur und "Programmlauf-Halt". **Die Funktion von M 25 ist von den bei der Erst-Inbetriebnahme eingegebenen Maschinenparametern abhängig;** genauere Informationen erhalten Sie vom Maschinenhersteller.

M 30 Funktionen wie M 02.

M 90 Konstante Bahngeschwindigkeit bei Ecken. **Die Funktion von M 90 ist von den bei der Erst-Inbetriebnahme eingegebenen Maschinenparametern abhängig;** genauere Informationen erhalten Sie vom Maschinenhersteller (siehe Kapitel I 4.7).

M 95 Ändern des Anfahrverhaltens am Konturbeginn (siehe Kapitel I 4.6.1).

M 96 Ändern des Anfahrverhaltens am Konturbeginn (siehe Kapitel I 4.6.1).

M 97 Bahnschnittpunkt-Korrektur bei Außenecken (siehe Kapitel I 4.6.1).

M 98 Bahnkorrektur ist beendet (siehe Kapitel I 4.1).

M 99 Gleiche Funktion wie "CYCL CALL".

Sind in einem Satz mehrere M-Funktionen erforderlich, die nicht schon in vorhergehenden Sätzen untergebracht werden können, so kann man sich dadurch behelfen, daß man – entsprechend der Anzahl der benötigten M-Funktionen – Positioniersätze im Kettenmaß mit dem Positions-Soll-Wert "Null" und jeweils einer M-Funktion programmiert.

Wird in einem Satz **keine** M-Funktion gewünscht, so ist die [ENT]-Taste ohne Eingabe eines Zahlenwertes oder die [NO ENT]-Taste zu betätigen, wenn die Dialog-Frage nach der M-Funktion angezeigt wird.

Beachte:
Freie M-Funktionen werden vom Maschinen-Hersteller festgelegt und können der Maschinen-Betriebsanleitung entnommen werden.

M-Funktion (die M-Funktionen mit Einfluß auf den Programmablauf sind gekennzeichnet)	**Ausgabezeitpunkt**	
	Satz-Anfang	**Satz-Ende**
M 00		X
M 01		X
M 02		X
M 03	X	
M 04	X	
M 05		X
M 06		X
M 07	X	
M 08	X	
M 09		X
M 10		X
M 11	X	
M 12		X
M 13	X	
M 14	X	
M 15	X	
M 16	X	
M 17	X	
M 18	X	
M 19		X
M 20	X	
M 21	X	
M 22	X	
M 23	X	
M 24	X	
M 25*	X oder	X
M 26	X	
M 27	X	
M 28	X	
M 29	X	
M 30		X

M-Funktion	**Ausgabezeitpunkt**	
	Satz-Anfang	**Satz-Ende**
M 31	X	
M 32		X
M 33		X
M 34		X
M 35		X
M 36	X	
M 37	X	
M 38	X	
M 39	X	
M 40	X	
M 41	X	
M 42	X	
M 43	X	
M 44	X	
M 45	X	
M 46	X	
M 47	X	
M 48	X	
M 49	X	
M 50	X	
M 51	X	
M 52		X
M 53		X
M 54		X
M 55	X	
M 56	X	
M 57	X	
M 58	X	
M 59	X	
M 60		X
M 61	X	
M 62	X	

M-Funktion	**Ausgabezeitpunkt**	
	Satz-Anfang	**Satz-Ende**
M 63		X
M 64		X
M 65		X
M 66		X
M 67		X
M 68		X
M 69		X
M 70		X
M 71	X	
M 72	X	
M 73	X	
M 74	X	
M 75	X	
M 76	X	
M 77	X	
M 78	X	
M 79	X	
M 80	X	
M 81	X	
M 82	X	
M 83	X	
M 84	X	
M 85	X	
M 86	X	
M 87	X	
M 88	X	
M 89	X	
M 90	X	
M 91	X	
M 92	X	
M 93	X	
M 94	X	
M 95		X
M 96		X
M 97		X
M 98		X
M 99		X

*M 25 wird am Satz-Anfang ausgegeben, falls durch den Maschinenparameter 49 keine besondere Funktion festgelegt wurde (MP 49 = 0). Die Ausgabe erfolgt am Satz-Ende, falls durch den Maschinenparameter 49 die Funktion "Anfahren der Referenzmarke " festgelegt wurde (MP 49 ≠ 0). Die Funktionsweise dieses Parameters erfahren Sie von Ihrem Werkzeugmaschinenhersteller.

Der Positioniersatz belegt einen Programmsatz:

... (I) X/Y/Z ...
R+/R–/R0 F ... M ...

Beachte:

Achsparallele Positioniersätze, die mit den Achs-Tasten [X], [Y] bzw. [Z] eröffnet wurden, können nicht in den Konturverlauf einer Bahn mit Geraden-Sätzen (Dialog-Eröffnung mit Taste [L]) bzw. Kreisbahn-Sätzen (Dialog-Eröffnung mit Taste [C] oder Taste [RND]) eingefügt werden.

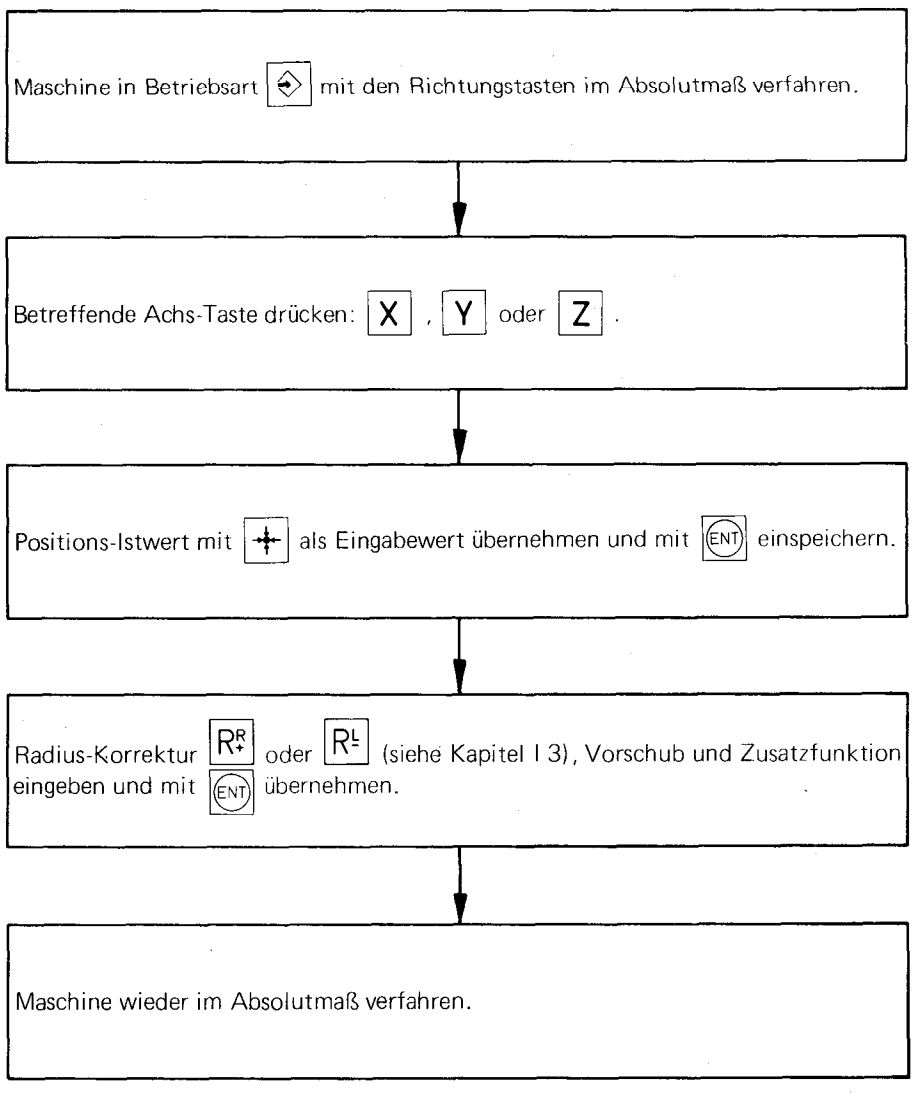
Beispiel für eine falsche Programmierung:

```
L  X  +  50.000  Y  +  20.000
                RR  F  100  M
   X  +  50.000
                R–  F  100  M
L  X  +  180.000 Y  +  35.000
                RR  F  100  M
```

Ausnahme:
Bei Bahnsätzen ohne Radiuskorrektur und bei Positioniersätzen für die Werkzeug-Achse können achsparallele Positioniersätze (Dialog-Eröffnung [X], [Y] bzw. [Z]) in den Konturverlauf eingefügt werden.

I 3.2) Programmierung mit der Taste "Istwert-Übernahme" [+] (Play-Back)

Diese Art der Programmierung ist nur für achsparallelen Betrieb sinnvoll; eine Programmierung komplizierter Konturen ist in der Betriebsart "Play-Back" nicht möglich.


Maschine in Betriebsart [◈] mit den Richtungstasten im Absolutmaß verfahren.
Betreffende Achs-Taste drücken: [X], [Y] oder [Z].
Positions-Istwert mit [+] als Eingabewert übernehmen und mit [ENT] einspeichern.
Radius-Korrektur [R+] oder [R–] (siehe Kapitel I 3), Vorschub und Zusatzfunktion eingeben und mit [ENT] übernehmen.
Maschine wieder im Absolutmaß verfahren.

I 4) Bahn-Programmierung

I 4.1) Werkzeug-Bahnkorrektur R+ R-

Die Werkzeug-Daten (Länge und Radius) werden in der Werkzeug-Definition "TOOL DEF" eingegeben und durch einen Werkzeug-Aufruf "TOOL CALL" aufgerufen.

Zusätzlich zum Radiuskorrektur-Wert benötigt die Steuerung in allen Positioniersätzen die Angabe, wie der Radius zu verrechnen ist. Dazu dienen die Tasten R+ und R-.

Bei der **Bahn-Programmierung** gilt

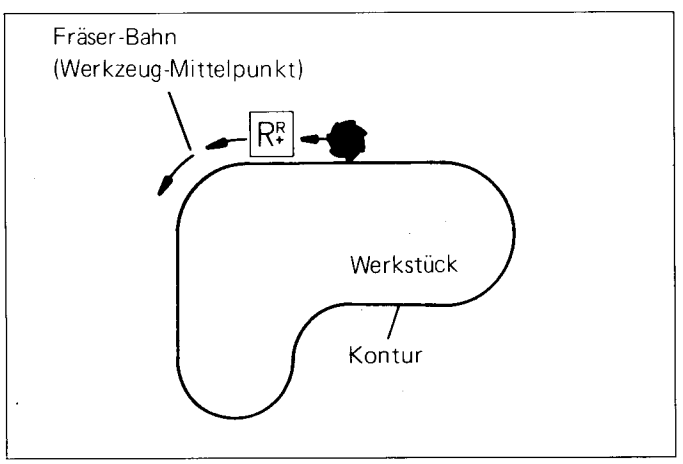
Taste R+ : Der Fräser wird in Vorschubrichtung im Abstand des Radius, rechts von der programmierten Kontur geführt.

Taste R- : Der Fräser wird in Vorschubrichtung im Abstand des Radius, links von der programmierten Kontur geführt.

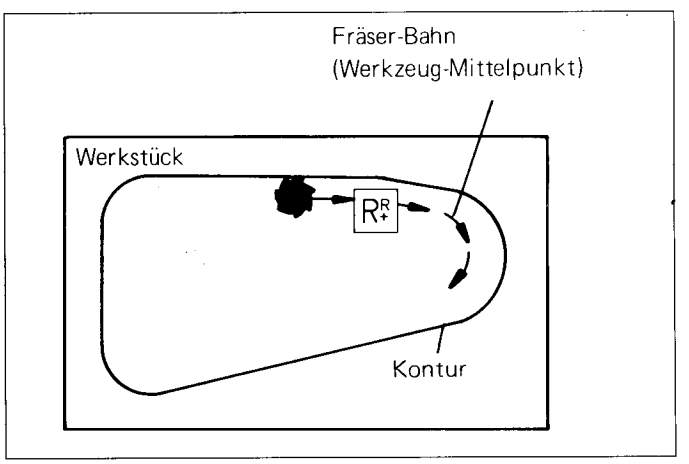
(Für **achsparallele Positioniersätze** ist die Wirkungsweise dieser Tasten im Kapitel I 3 beschrieben.)

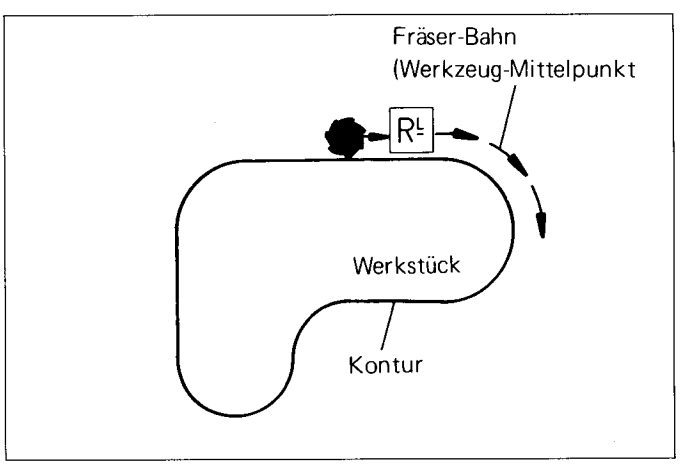
Beispiele:

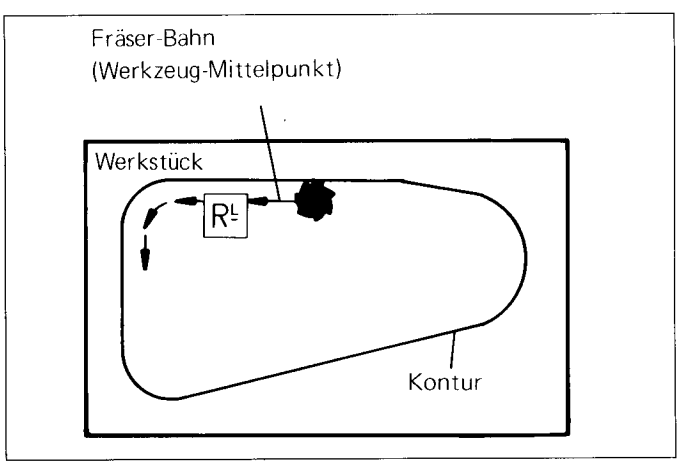
Fräsen einer Außenkontur



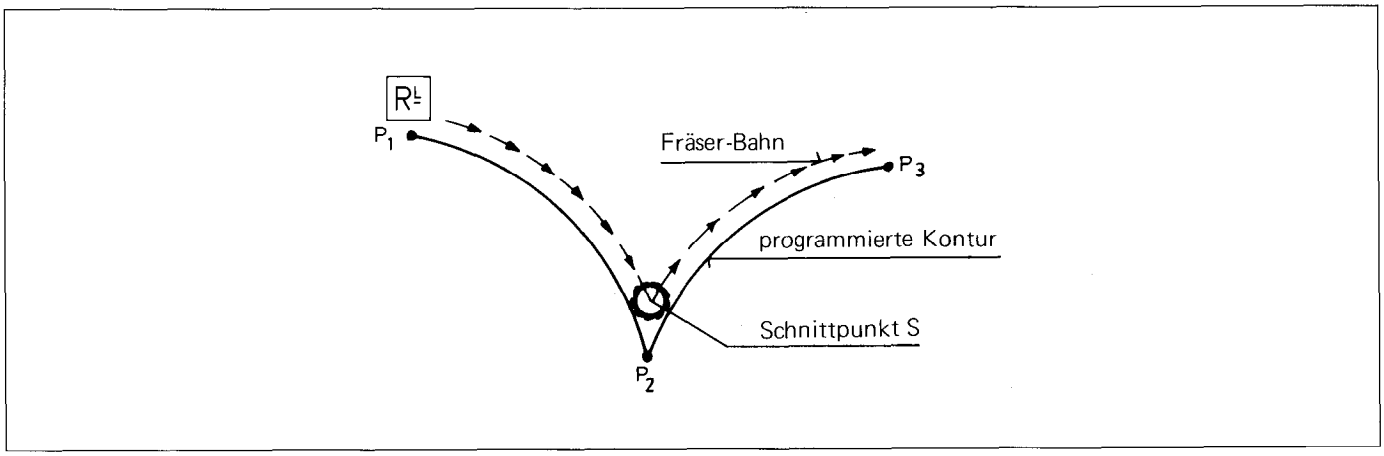
Fräsen einer Innenkontur





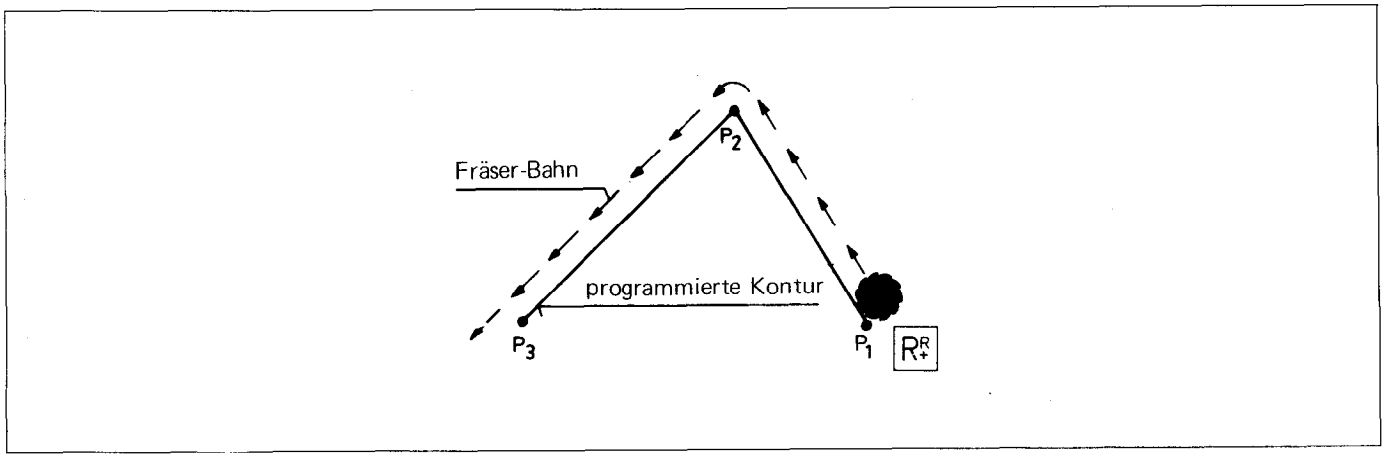


Automatische Bahnschnittpunkt-Ermittlung bei Innenecken



Die TNC 145 C ermittelt automatisch den Schnittpunkt S der kontur-parallelen Fräserbahn und führt den Fräser auf der eingezeichneten Bahn. Dadurch wird verhindert, daß am Punkt P_2 eine Hinterschneidung der Kontur erfolgt; eine Beschädigung des Werkstücks wird verhindert.

Automatisches Einfügen von Übergangskreisen bei Außenecken



An der Außenecke P_2 fügt die Steuerung automatisch einen Übergangskreis ein, so daß sich der Fräser am Punkt P_2 abwälzt. Dadurch kann das Werkzeug in den meisten Fällen mit konstanter Bahngeschwindigkeit um die Außenecke geführt werden. Ist die programmierte Geschwindigkeit für einen bestimmten Übergangskreis zu hoch, wird der Fräser mit einer verminderten, in der TNC fest programmierten Bahngeschwindigkeit um den Punkt P_2 geführt.

Beachte:
Die programmierte Bahngeschwindigkeit bei Ecken wird nicht vermindert, falls durch Programmierung der Zusatzfunktion M 90 eine konstante Bahngeschwindigkeit erzwungen wird (siehe Kapitel I 4.7).

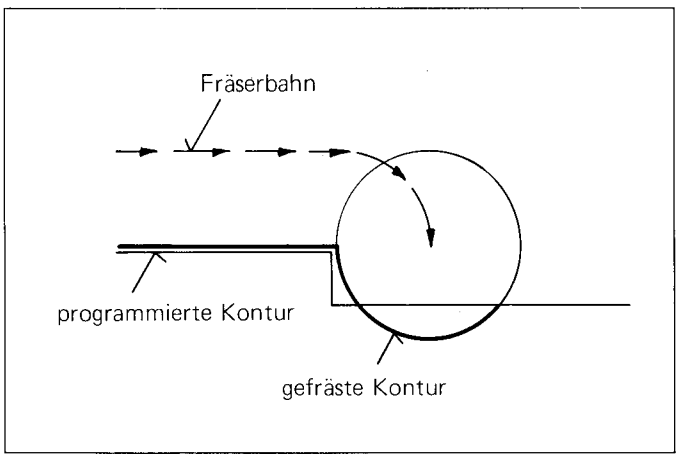
Bahnschnittpunkt-Korrektur bei Außenecken: M 97

Die TNC 145 C fügt im Bahnbetrieb mit Werkzeugkorrektur bei Außenecken automatisch einen Übergangskreis ein. Ist das Einfügen des Übergangskreises nicht möglich, so erscheint die Fehlermeldung:

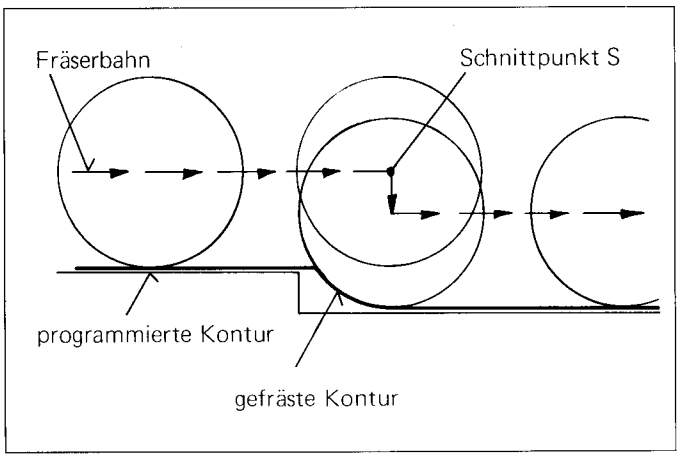
WERKZEUG-RADIUS ZU GROSS

Soll an einer Außenecke **kein Übergangskreis** eingefügt werden, so ist in dem betreffenden Programmsatz die Funktion **M 97** zu programmieren.

Beispiele:

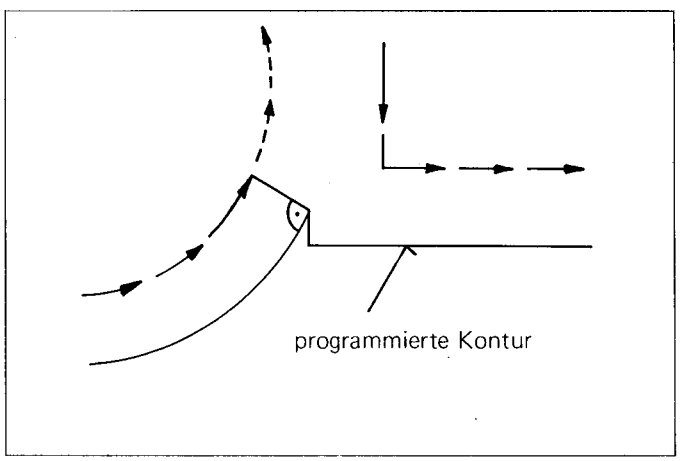


Ohne M 97: Der Übergangskreis würde zu einer Beschädigung der Kontur führen; es erfolgt eine Fehlermeldung: "WERKZEUG-RADIUS ZU GROSS".

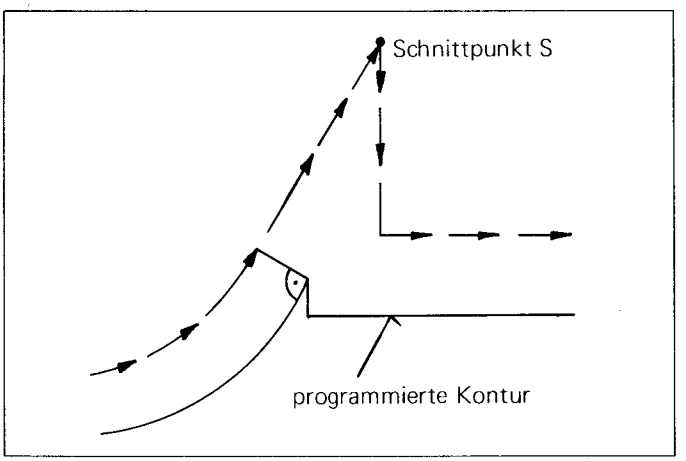


Mit M 97: Es wird kein Übergangskreis eingefügt; die Steuerung ermittelt den Schnittpunkt S, die Kontur wird nicht beschädigt.

Sonderfall:



Die Steuerung kann mit M 97 keinen Kontur-Schnittpunkt ermitteln.



Abhilfe: Es wird ein Satz eingefügt:

L I X0,000 I Y0,000
RL/RR F . . . M 97

Die Steuerung ermittelt den Schnittpunkt S und die Kontur kann gefräst werden.

I 4.2) Eingabe von Positions-Sollwerten in Polarkoordinaten

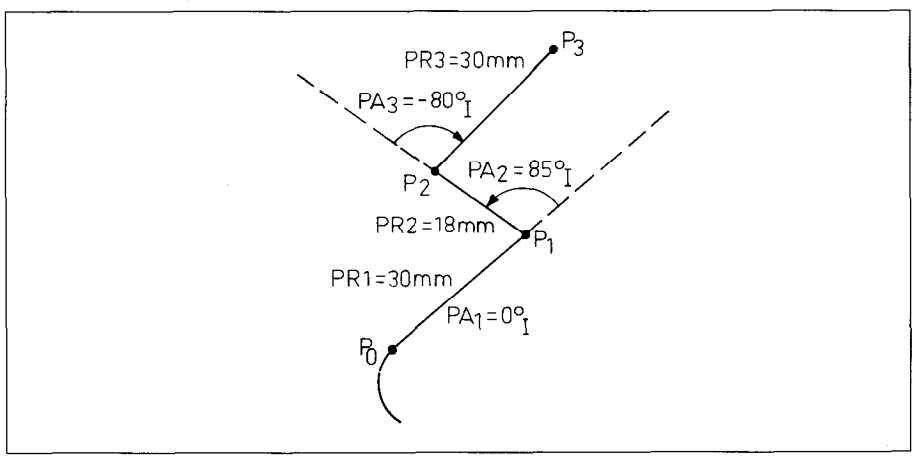
Bei der Bahn-Programmierung können Positions-Sollwerte auch in Polarkoordinaten eingegeben werden (siehe Kapitel B 3). Dazu ist zuerst der Pol (Koordinaten-Ursprung) zu definieren:

Die Festlegung des Pols kann auf zwei Arten erfolgen:

.es kann entweder der letzte Positions-Sollwert als Pol übernommen werden

.oder der Pol wird durch Eingabe seiner rechtwinkeligen Koordinaten festgelegt.

Die Übernahme des letzten **Positions-Sollwertes** als Pol wird z.B. bei der Programmierung von Strecken verwendet.



Beispielsweise kann auf diese Art der Linienzug P_0 P_1 P_2 P_3 unmittelbar mit den eingetragenen Radien und Richtungswinkeln programmiert werden.

Beachte:
Bei inkrementaler Programmierung des Polarkoordinaten-Winkels bezieht sich der Winkel auf die letzte unkorrigierte Richtung.

Die Programmierung des Pols geschieht wie folgt:

Dialog-Eröffnung: Taste [CC]

Dialog-Frage: LETZTE POSITION UEBERNEHMEN?

Falls der letzte Positions-Sollwert als Pol übernommen werden soll – [ENT] -Taste drücken; sonst [NO ENT] drücken.

Wird [NO ENT] gedrückt, erscheint als nächster Dialog:

Dialog-Frage: ERSTE KOORDINATE?

Erste rechtwinkelige Koordinate des Pols eingeben (absolut oder inkremental).

Dialog-Frage: ZWEITE KOORDINATE?

Zweite rechtwinkelige Koordinate des Pols eingeben (absolut oder inkremental).
Die Festlegung des Pols belegt einen Programmsatz. In der Dialoganzeige erscheint folgender Satz: **... CC (I) X/Y/Z ... (I) X/Y/Z ...**

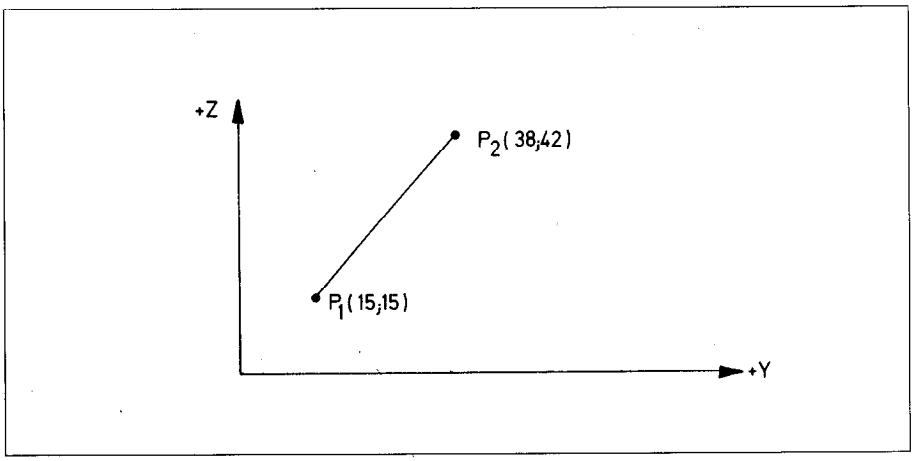
Soll ein Positioniersatz in **Polarkoordinaten** eingegeben werden, so ist vor der Eröffnung des Dialogs mit der Taste [L] bzw. [C] die Taste [P] zu drücken (siehe Kapitel I 4.3 bzw. I 4.4)!

Der Polarkoordinaten-Radius PR wird in mm oder in Zoll eingegeben (Eingabefeinheit bis 0,001 mm bzw. 0,0001 Zoll), der Polarkoordinatenwinkel PA in Winkelgrad (Eingabefeinheit bis 0,001°). Der vor dem Übergang auf Polarkoodinaten festgelegte "rechtwinkelige Bezugspunkt" bleibt bei Definition eines Pols erhalten, so daß nach der Eingabe von Polarkoordinaten-Programmsätzen weitere Positionierungen wieder in rechtwinkeligen Koordinaten programmiert werden können.

I 4.3) Linear-Interpolation

I 4.3.1) Linear-Interpolation mit rechtwinkeligen Koordinaten

Beispiel: Ebene Y, Z
Das Werkzeug befindet sich in der Position P_1. Die Position P_2 (Koordinaten $Y_2 = 38$ und $Z_2 = 42$) soll auf einer Geraden angefahren werden.



Dialog-Eröffnung: Taste [L]

Dialog-Frage: ERSTE KOORDINATE ?

Erste Koordinate der Soll-Position eingeben (absolut oder inkremental).

Dialog-Frage: ZWEITE KOORDINATE ?

Zweite Koordinate der Soll-Position eingeben (absolut oder inkremental).

Dialog-Frage: RADIUSKORR.: RL/RR/KEINE KORR.?

Bahnkorrektur eingeben (siehe Kapitel I 4.1).

Dialog-Frage: VORSCHUB? F =

Bahn-Vorschub eingeben (siehe Kapitel I 3.1).

Dialog-Frage: ZUSATZFUNKTION M?

Zusatzfunktion eingeben (siehe Kapitel I 3.1).

Die Linear-Interpolation belegt einen Programmsatz. In der Dialog-Anzeige erscheint folgender Satz:

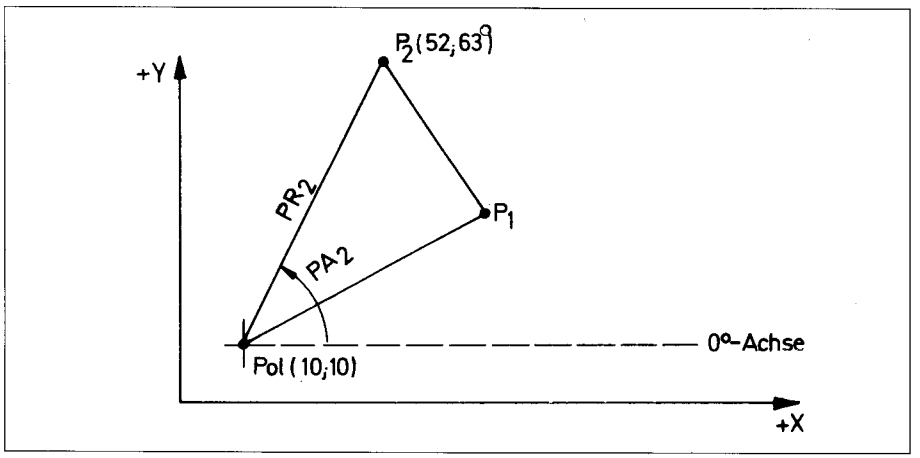
... L (I) X/Y/Z ... (I) X/Y/Z ...
RL/RR/RO F ... M ...

Beachte:
Soll im Bahnbetrieb **achsparallel** verfahren werden, so ist die Dialog-Frage nach der zweiten Koordinate mit [NO ENT] zu beantworten.

Ein achsparalleler Positioniersatz, dessen Dialog mit den Achs-Tasten [X], [Y] bzw. [Z] eröffnet wird, darf im Bahnbetrieb nicht programmiert werden (siehe Kapitel I 3.1).

I 4.3.2) Die Linear-Interpolation mit Polar-Koordinaten

Polarkoordinaten sind angewählt, wenn die Lampe unter der Taste P leuchtet.



Beispiel: Ebene X, Y

Die Maschine steht auf dem Punkt P_1.
Die Soll-Position P_2 wird definiert durch den Polar-Radius $PR_2 = 52$ mm und den Polarwinkel $PA_2 = 63^o$.
Die Maschine fährt auf einer Geraden von Punkt P_1 zum Punkt P_2.

Beachte:
Der **"Pol"** muß vor dem Eröffnen des Dialogs für die Linear-Interpolation definiert werden und zwar **in rechtwinkeligen Koordinaten** (siehe Kapitel I 4.2)!

Dialog-Eröffnung: Taste

Dialog-Frage: POLARKOORDINATEN-RADIUS PR?

Radius "PR" der Soll-Position eingeben (absolut oder inkremental).

Dialog-Frage: POLARKOORDINATEN-WINKEL PA?

Winkel "PA" der Soll-Position eingeben (absolut oder inkremental).

Dialog-Frage: RADIUS-KORR.: RL/RR/KEINE KORR.?

Bahnkorrektur eingeben (siehe Kapitel I 4.1).

Dialog-Frage: VORSCHUB? F=

Bahn-Vorschub eingeben (siehe Kapitel I 3.1).

Dialog-Frage: ZUSATZFUNKTION M?

Zusatzfunktion eingeben (siehe Tabelle Kapitel I 3.1).

Die Linear-Interpolation in Polar-Koordinaten belegt einen Programmsatz. In der Dialog-Anzeige erscheint folgender Satz:

... LP (I) PR ... (I) PA ...
RL/RR/RO F ... M ...

I 4.4) Kreis-Bahn [C]

I 4.4.1) Definition des Kreismittelpunktes [CC]

Die Taste [CC] dient zur Festlegung des Kreismittelpunktes.

Dialog-Eröffnung: Taste [CC] (siehe auch Kapitel I 4.2)

Dialog-Frage: LETZTE POSITION UEBERNEHMEN?

Falls der letzte Positions-Sollwert als Kreismittelpunkt CC übernommen werden soll – [ENT] -Taste drücken; sonst [NO ENT] drücken.

Wird [NO ENT] gedrückt, erscheint als nächster Dialog:

Dialog-Frage: ERSTE KOORDINATE?

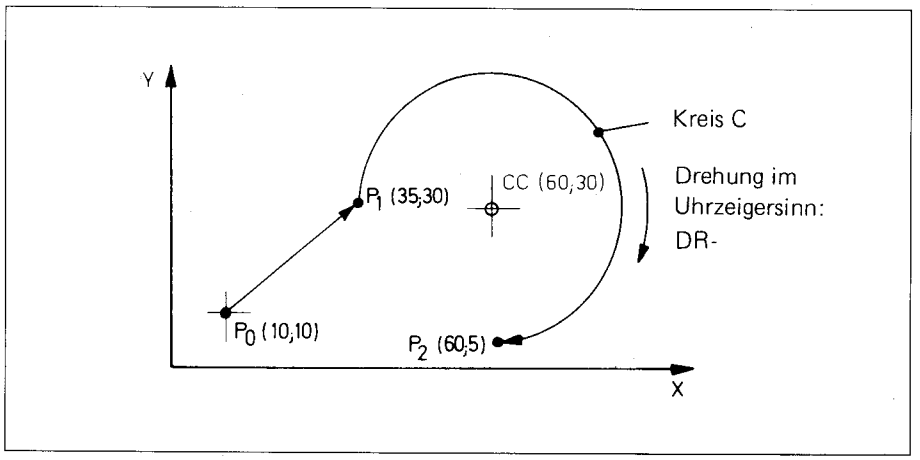
Erste rechtwinkelige Koordinate von CC eingeben (absolut oder inkremental).

Dialog-Frage: ZWEITE KOORDINATE?

Zweite rechtwinkelige Koordinate von CC eingeben (absolut oder inkremental).
Die Definition des Kreismittelpunktes belegt einen Programmsatz. In der Dialog-Anzeige erscheint folgender Satz:

... CC (I) X/Y/Z ... (I) X/Y/Z ...

I 4.4.2) Kreisbahn-Programmierung mit rechtwinkeligen Koordinaten



Beispiel: Ebene X, Y

Zunächst wird der Punkt P_1 in einem Positioniersatz festgelegt. Dann ist der Mittelpunkt CC des Kreises und der Endpunkt P_2 des Kreisbogens zu programmieren.

Dialog-Eröffnung: Taste [C]

Dialog-Frage: ERSTE KOORDINATE ?

Erste Koordinate des Kreisbahn-Endpunktes eingeben (absolut oder inkremental).

Dialog-Frage: ZWEITE KOORDINATE?

Zweite Koordinate des Kreisbahn-Endpunktes eingeben (absolut oder inkremental).

Dialog-Frage: DREHUNG IM UHRZEIGERSINN: DR – ?

Beantwortung durch Drücken der Taste [ENT] : Drehrichtung im Uhrzeigersinn (Rechtsdrehung = DR –) ist angewählt.

Beantwortung durch Drücken der Taste [NO ENT] : Drehrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn = DR + ist angewählt.

Dialog-Frage: RADIUSKORR.: RL/RR/KEINE KORR.?

Bahn-Korrektur eingeben (siehe Kapitel I 4.1).

Dialog-Frage: VORSCHUB ? F =

Bahn-Vorschub eingeben (siehe Kapitel I 3.1).

Dialog-Frage: ZUSATZFUNKTION M?

Zusatzfunktion eingeben (siehe Kapitel I 3.1).

Die Zirkular-Interpolation belegt einen Programmsatz. In der Dialog-Anzeige erscheint folgender Satz:

... C (I) X/Y/Z ... (I) X/Y/Z ...
DR–/DR+ RL/RR/RO F ... M ...

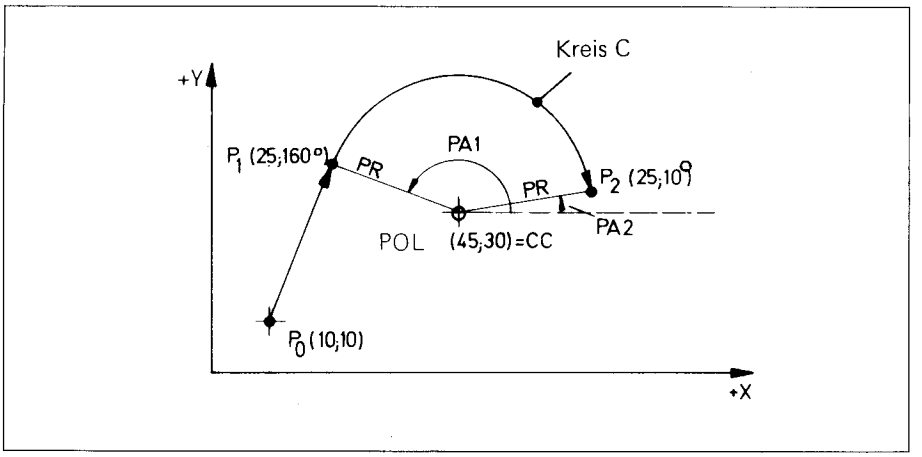
I 4.4.3) Kreisbahn-Programmierung mit Polar-Koordinaten

Polar-Koordinaten sind angewählt, wenn die Lampe unter der Taste [P] leuchtet.

Der Mittelpunkt (POL = CC) wird zuerst, und zwar in rechtwinkeligen Koordinaten eingegeben. Die Punkte P_1 und P_2 werden dann über Radius PR (25) und Winkel PA1 (160^o) und PA2 (10^o) programmiert.

Der Punkt P_2 kann auch im Kettenmaß programmiert werden:

PR2 = 0 (inkremental)
PA2 = -150^o (inkremental).



Dialog-Eröffnung: Taste [C]

Dialog-Frage: POLARKOORDINATEN-RADIUS PR?

Radius "PR" des Kreis-Endpunktes eingeben (absolut oder inkremental).

Dialog-Frage: POLARKOORDINATEN-WINKEL PA?

Winkel "PA" des Kreis-Endpunktes eingeben (absolut oder inkremental).

Dialog-Frage: DREHUNG IM UHRZEIGERSINN: DR–?

Beantwortung durch Drücken der Taste [ENT] : Drehrichtung im Uhrzeigersinn (DR–) ist angewählt.

Beantwortung durch Drücken der Taste [NO ENT] : Drehrichtung im Gegenuhrzeigersinn (DR+) ist angewählt.

Dialog-Frage: RADIUSKORR.: RL/RR/KEINE KORR.?

Bahn-Korrektur eingeben (siehe Kapitel I 4.1).

Dialog-Frage: VORSCHUB? F =

Bahn-Vorschub eingeben (siehe Kapitel I 3.1).

Dialog-Frage: ZUSATZFUNKTION M?

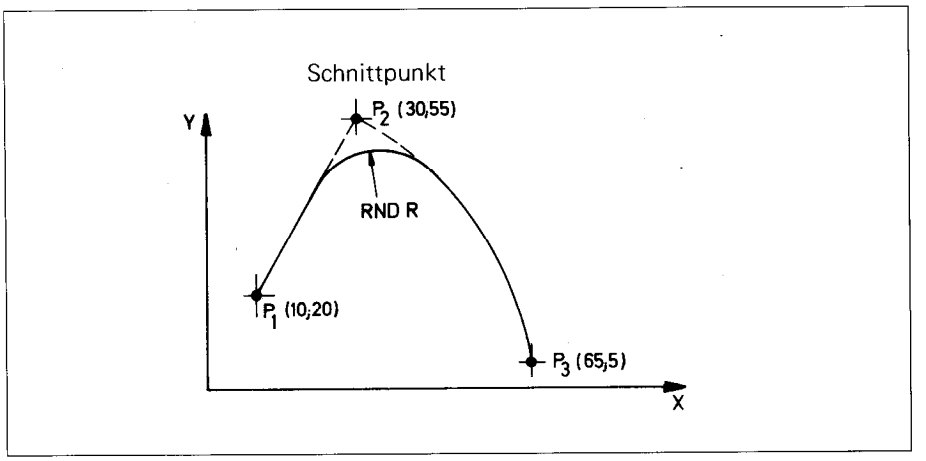
Zusatzfunktion eingeben (siehe Kapitel I 3.1).

Die Zirkular-Interpolation belegt einen Programmsatz. In der Dialog-Anzeige erscheint folgender Satz:

... CP (I) PR ... (I) PA ...
DR+/DR– RL/RR/RO F ... M ...

I 4.5) Ecken-Runden (Kreise mit tangentialem Übergang) [RND]

Eine spezielle Art der Kreisbahn-Programmierung ist das "Ecken-Runden", d.h. das Programmieren eines Kreises mit dem Radius R, der tangential in den anschließenden Konturverlauf übergehen soll.



Beispiel: Ebene X, Y

Die Ecke, die von der Geraden P_1 P_2 und dem Kreisbogen P_2 P_3 gebildet wird, soll durch einen Kreis mit dem Radius R gerundet werden, mit tangentialen Übergängen. Das Einfügen eines derartigen Rundungs-Kreises ist bei allen Ecken möglich, die durch Gerade/Gerade, Gerade/Kreis oder Kreis/Kreis gebildet werden.

Programmiert wird:

.Das Konturstück P_1 P_2 (mit Radiuskorrektur RR bzw. RL)
.Der Rundungs-Satz mit dem Rundungs-Radius R
.Das Konturstück P_2 P_3 (mit Radiuskorrektur RR bzw. RL)

Beachte:
Die Steuerung benötigt **nur** die Angabe des **Rundungs-Radius** (alle weiteren Hilfspunkte zum Einfügen des Rundungskreises errechnet die Steuerung TNC 145 selbst).

Dialog-Eröffnung: Taste [RND]

Dialog-Frage: RUNDUNGSRADIUS R?

Den gewünschten Rundungsradius eingeben.

Die "Ecken-Rundung" belegt einen Programmsatz. In der Dialog-Anzeige erscheint folgender Satz:

... RND R ...

Beachte:

. Mit dem Rundungs-Satz kann nur bei **Bahn-Programmierung** gearbeitet werden – nicht aber bei achsparallelen Sätzen, die mit den Achs-Tasten [X], [Y] bzw. [Z] eröffnet wurden; auch achsparallele Konturen sind somit als Bahn-Sätze zu programmieren (Dialog-Eröffnung mit der Taste [L]).

. **Vor einem Rundungs-Satz bzw. nach einem Rundungs-Satz muß ein Positioniersatz programmiert werden, der beide Koordinaten der Interpolations-Ebene enthält.**

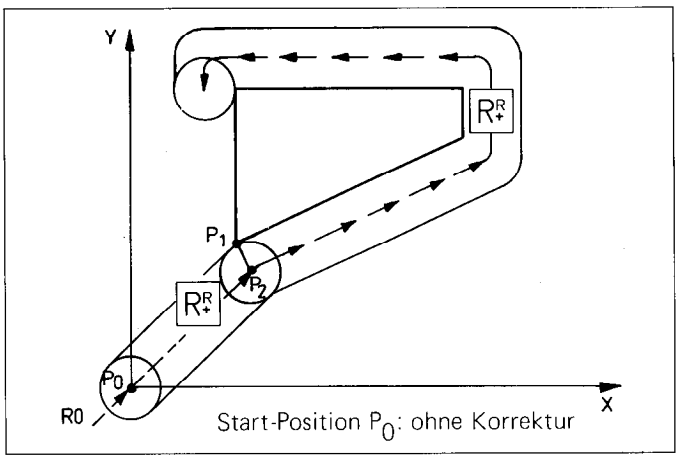
I 4.6) Anfahren und Verlassen einer Kontur

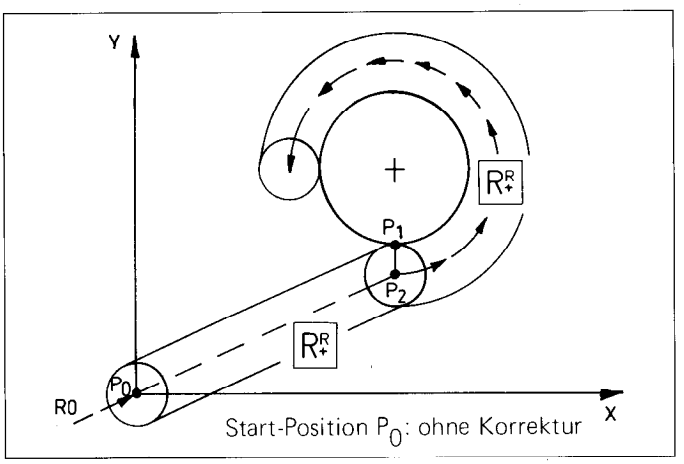
I 4.6.1) Anfahren und Verlassen einer Kontur auf einer Geraden

Das Anfahren oder Verlassen der Kontur kann auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen:

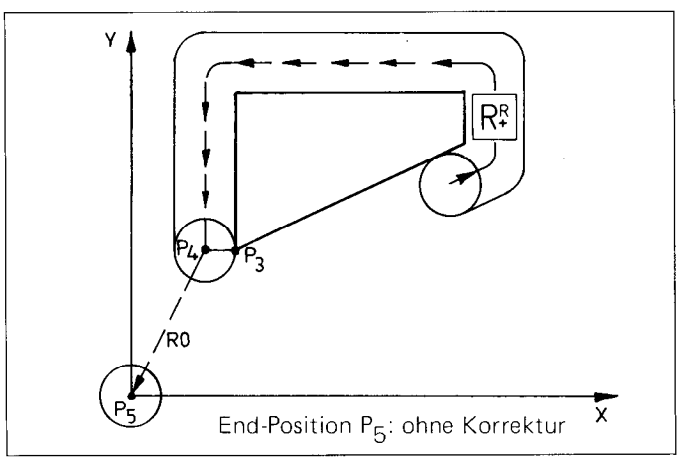
1. Fall:

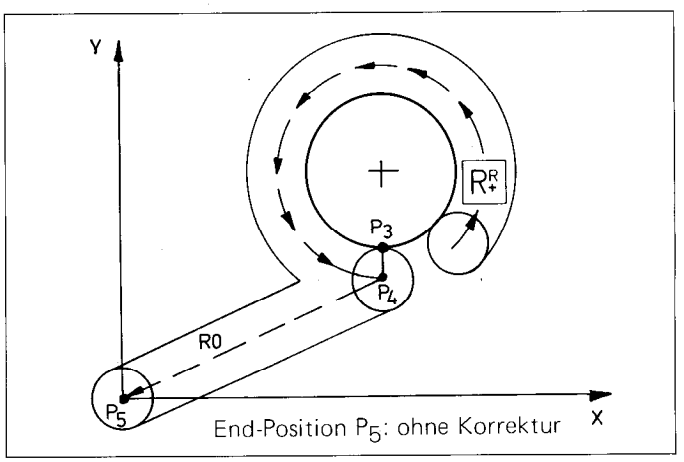
Die Start-Position P_0 wird ohne Radiuskorrektur (R0) angefahren. Der nächste Positioniersatz zum Punkt P_1 wird mit Radiuskorrektur – RR bzw. RL – programmiert.
Beim Anfahren der Kontur errechnet die Steuerung automatisch vom programmierten Konturpunkt P_1 den korrigierten Punkt P_2. Der Punkt P_2 wird ermittelt durch Errichten einer Senkrechten auf das erste Konturstück. Die Entfernung des Punktes P_2 vom Punkt P_1 entspricht dem – in der Werkzeug-Definition festgelegten – Radius des Werkzeugs.

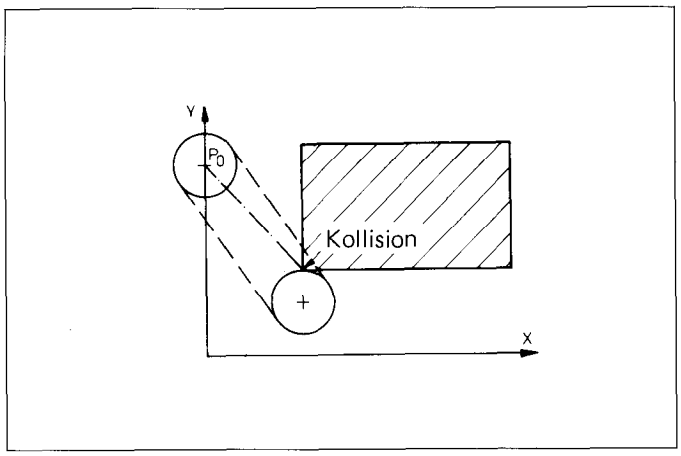




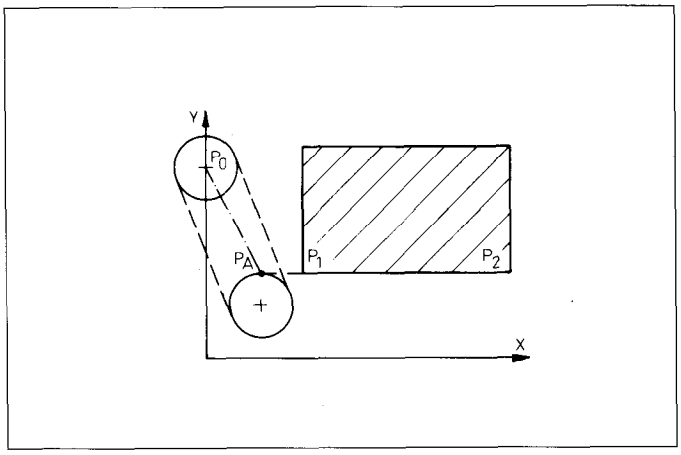
Beim Verlassen der Kontur durch Anfahren der End-Position P_5 ohne Radiuskorrektur (R0) errechnet die Steuerung automatisch den Kontur-Endpunkt P_4 durch Errichten einer Senkrechten auf das letzte Konturstück in P_3.



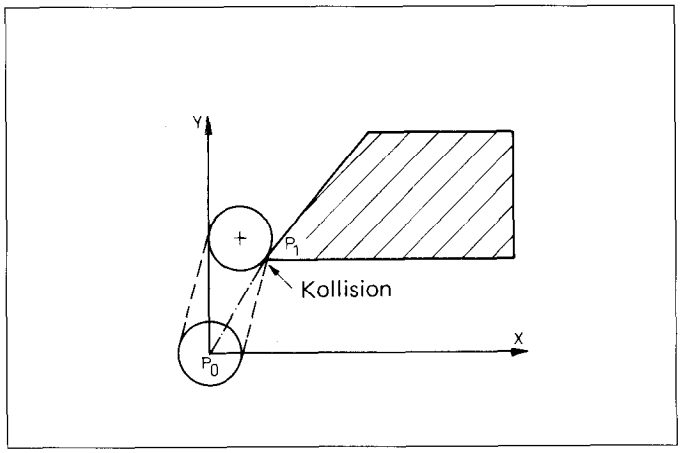




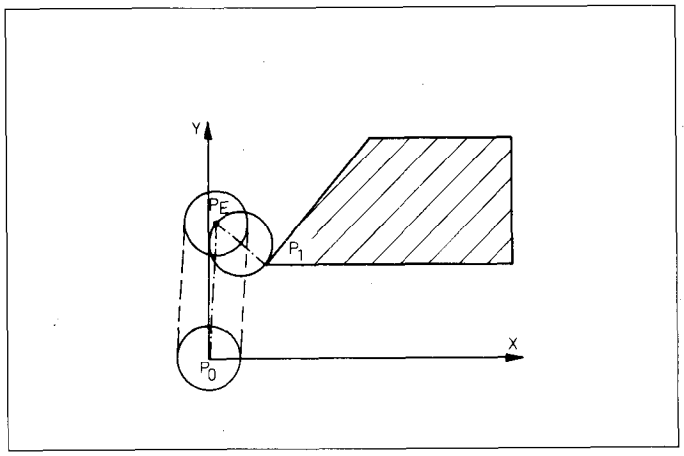
Beachte:
Bei dieser Art des Anfahrens an eine Kontur, z.B. von einer Werkzeugwechselposition P_0 aus, muß eine Kollision des Werkzeugs mit dem Werkstück vermieden werden.
Das gilt durchaus auch bei Konturprogrammierung mit Werkzeugkorrektur.



So ist in dem entsprechenden Fall ein Hilfspunkt P_A zu programmieren, der vor dem Werkstück in Verlängerung der ersten zu bearbeitenden Bahn $P_1 - P_2$ liegt.
Der Abstand von P_A zum Werkstück sollte dem Werkzeugradius R zuzüglich einem gewissen Sicherheitsabstand von z.B. 5 mm entsprechen.
Der Hilfspunkt P_A wird bereits mit Werkzeugkorrektur angefahren.



Beim **Wegfahren von einer Geraden** ist ebenso auf Kollisionsgefahren zu achten. Würde nach Erreichen von P_1 direkt die Werkzeugwechselposition P_0 angefahren, so käme es zu einer Kollision.



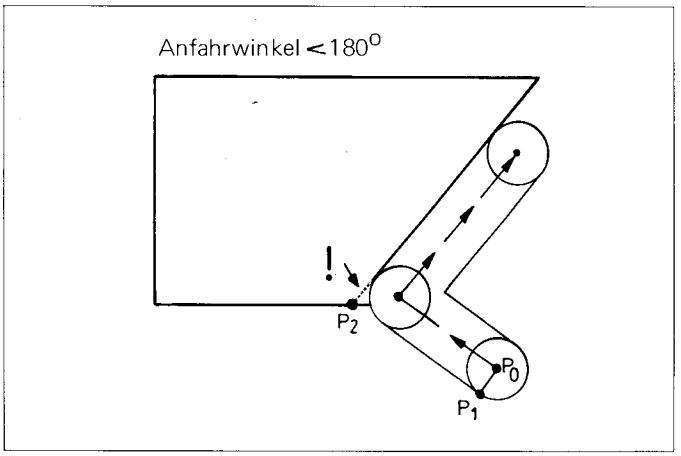
Wiederum ist also ein Hilfspunkt P_E zu programmieren, der vom Werkstück genügend weit weg liegt. Dieser Hilfspunkt wird jedoch ohne Werkzeugkorrektur angefahren, ebenso wie das weitere Rückfahren des Fräsers auf die Werkzeugwechselposition P_0.

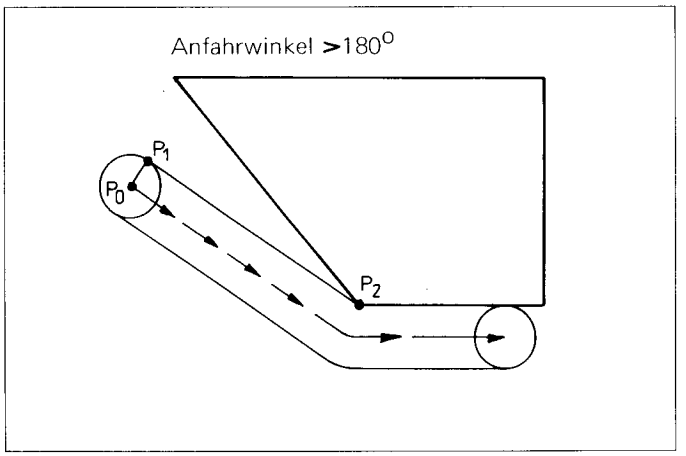
2. Fall:

Das Bearbeitungsprogramm beginnt mit dem Satz zu dem Punkt P_2, korrigiert mit RR oder RL; die Steuerung betrachtet die zufällig erreichte Position P_0 in diesem Fall als bereits korrigierte Position P_1 und fährt die programmierte Position P_2 wie einen Punkt innerhalb der Kontur an d.h.

.falls der Anfahrwinkel zur Kontur kleiner als 180° ist , wird die Winkelhalbierende der gedachten Kontur angefahren,

.falls der Anfahrwinkel zur Kontur größer als 180° ist wird ein Übergangskreis eingefügt.





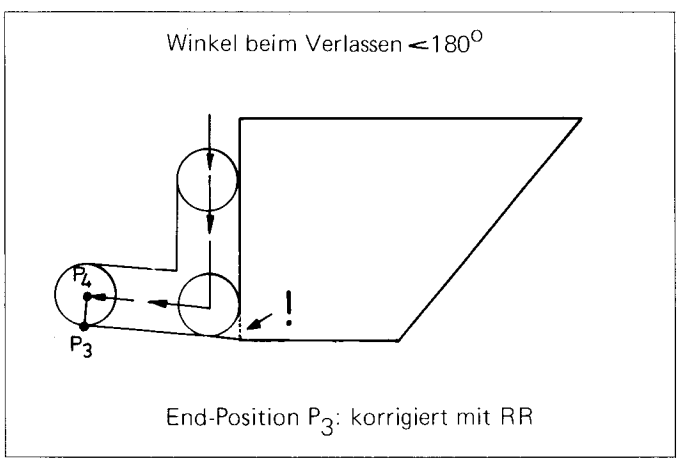
Der Programmsatz für das Verlassen der Kontur enthält ebenfalls eine Radiuskorrektur RR oder RL. Die Bahnkorrektur wird in diesem Fall beendet mit

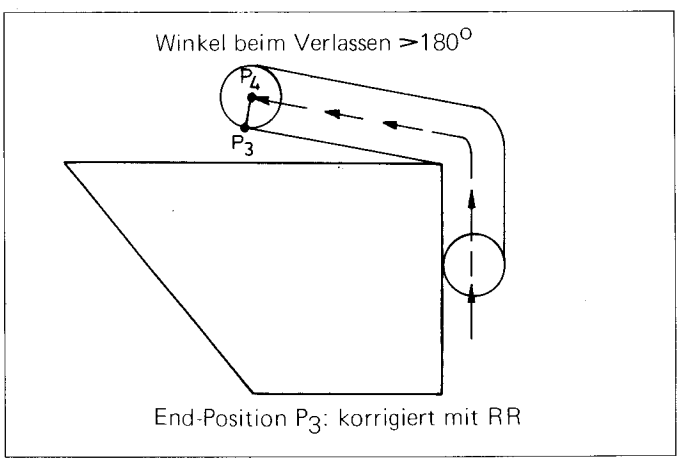
.der Zusatzfunktion M 98 oder

.einem nachfolgenden Leersatz oder

.einem Werkzeug-Aufruf TOOL CALL.

Die Steuerung errechnet den korrigierten Endpunkt P_4 durch Errichten einer Senkrechten auf das letzte Konturstück in P_3. Die Entfernung des Punktes P_4 vom Punkt P_3 entspricht dem Radius des Werkzeugs.





Beachte:

Falls der Anfahrwinkel kleiner als 180° ist, wird das Werkstück nicht vollständig bearbeitet (siehe ! in der Zeichnung).

Ändern des Anfahrverhaltens am Konturbeginn: M 95, M 96

Anstelle dieses normalen Anfahrverhaltens kann durch die Zusatzfunktionen M 95 oder M 96 das Anfahrverhalten wie folgt geändert werden.

Liegt beim normalen Anfahrverhalten der Fall 1 vor, kann durch Programmierung der Zusatzfunktion **M 96** der Fall 2 erzwungen werden.

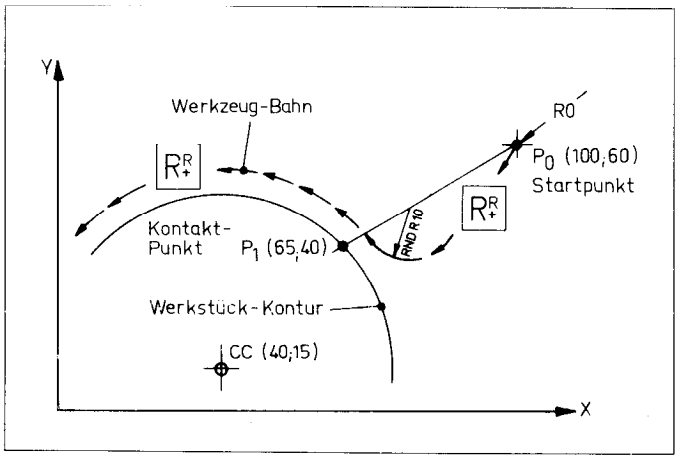
Liegt beim normalen Anfahrverhalten der Fall 2 vor, kann durch Programmierung der Zusatzfunktion **M 95** der Fall 1 erzwungen werden.

I 4.6.2) Tangentiales Anfahren und Verlassen einer Kontur

Die Taste [RND] dient zum Runden von Ecken (siehe Kapitel I 4.5) und zusätzlich zur Programmierung des tangentialen Anfahrens einer Kontur:

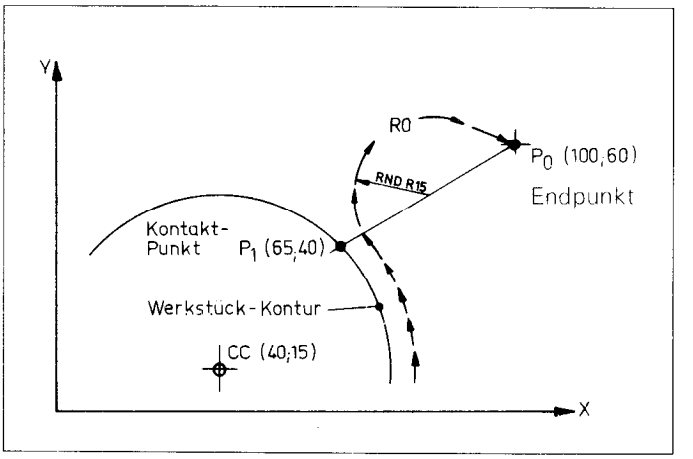
Ein Kreis oder eine Gerade kann in einem beliebig vorgegebenen Kontakt-Punkt mit einer festgelegten Bahngeschwindigkeit auf einem tangential einmündenden Kreis angefahren werden:

Anfahren der Kontur



Zunächst wird der **Startpunkt P_0** in einem vorhergehenden Positioniersatz mit **Radiuskorrektur R0** eingegeben.
Der **nächste Positioniersatz** – für den Kontakt-Punkt P_1 – muß eine Werkzeug-Korrektur – **RR bzw. RL** – enthalten (die Steuerung erkennt aus dem Übergang von R0 nach RR bzw. RL, daß eine Kontur weich angefahren werden soll).
Schließlich ist nun ein Rundungs-Satz mit der Taste [RND] zu programmieren.

Verlassen der Kontur



Das Verlassen der Kontur wird ähnlich programmiert:
Ändert sich nach einem Rundungs-Satz die Radius-Korrektur von **RR bzw. RL auf R0**, so erkennt die Steuerung, daß das Werkzeug die Kontur auf dem programmierten Hilfskreis verlassen soll.

Programm für das vorhergehende Beispiel:

1	L	X	100.000	Y	60.000		
			R0	F	9999	M 03	Startpunkt wird angefahren
2	L	X	65.000	Y	40.000		Kontakt-Punkt
			RR	F	50	M	und Bahngeschwindigkeit
3	RND	R 10					Rundungs-Radius für das weiche Anfahren der Kontur
4	CC	X	40.000	Y	15.000		Kreis-Mittelpunkt für Werkstück-Kontur
5	C	X	65.000	Y	40.000		
			DR+ RR	F	50	M	Programmierung der Werkstück-Kontur
6	RND	R 15					Rundungs-Radius für das Verlassen der Kontur
7	L	X	100.000	Y	60.000		
			R0	F	50	M 05	Rückkehr zum Startpunkt

Beachte:
Vor einem Rundungs-Satz bzw. nach einem Rundungssatz muß ein Positioniersatz programmiert werden, der beide Koordinaten der Interpolations-Ebene enthält.

I 4.7) Konstante Bahngeschwindigkeit bei Ecken: M 90

Die Steuerung TNC 145 C überwacht, ob die programmierte Kontur mit dem programmierten Vorschub eingehalten werden kann. Besteht die Gefahr, daß der Konturverlauf bei Außenecken und kleinen Radien nicht eingehalten werden kann, wird die Vorschubgeschwindigkeit automatisch reduziert; bei Innenecken erfolgt grundsätzlich ein Achsstillstand.

Ist die Reduzierung der Vorschubgeschwindigkeit nicht erwünscht, kann durch Programmierung der Zusatzfunktionen M 90 konstante Bahngeschwindigkeit erzwungen werden. Dies kann zu einer geringfügigen Konturverzerrung bei Außen- und Innenecken führen.

Beachte:
Diese M-Funktion ist nur wirksam im Betrieb mit schleppenden Achsen und abhängig von den eingespeicherten Maschinenparametern. Ob Ihre Steuerung in dieser Betriebsart arbeitet erfahren Sie von Ihrem Werkzeugmaschinenhersteller.

I 5) Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen

Im Programm können an beliebiger Stelle Programm-Marken (sog. Label-Nummern) zur Kennzeichnung von Unterprogrammen oder Programmteil-Wiederholungen gesetzt werden. Diese Marken dienen als Sprung-Adressen.

Ein Sprungbefehl auf eine Label-Nummer erreicht auch bei Programm-Änderungen (Einfügen oder Löschen von Sätzen) immer die richtige Programm-Stelle. Als Label-Nummer können die Zahlen 1 bis 255 verwendet werden. Die Label-Nummer 0 dient als Programm-Marke "Ende des Unterprogramms".

Beachte:
Wenn ein Unterprogramm an verschiedenen Positionen abgearbeitet werden soll, muß das Unterprogramm im Kettenmaß (mit **inkrementalen** Positions-Sollwerten) programmiert werden.

I 5.1) Setzen einer Label-Nummer (Programm-Marke) LBL SET

Dialog-Eröffnung: Taste LBL SET

Dialog-Frage: LABEL-NUMMER?

Gewünschte Nummer eingeben.

Das Setzen einer Label-Nummer erfordert einen Programmsatz. In der Dialog-Anzeige erscheint folgender Satz:

... LBL ...

I 5.2) Sprung auf eine Label-Nummer (Programm-Marke) LBL CALL

Dialog-Eröffnung: Taste LBL CALL

Dialog-Frage: LABEL-NUMMER?

Label-Nummer, die aufgerufen werden soll, eingeben.

Dialog-Frage: WIEDERHOLUNG REP ?

0 eintippen, wenn die angewählte Programm-Marke ein **Unterprogramm** kennzeichnet.

Anzahl der **Wiederholungen** eingeben, wenn die angewählte Programm-Marke eine Programmteil-Wiederholung kennzeichnet.

Der Sprung auf eine Programm-Marke erfordert einen Programmsatz. In der Dialog-Anzeige erscheint folgender Satz:

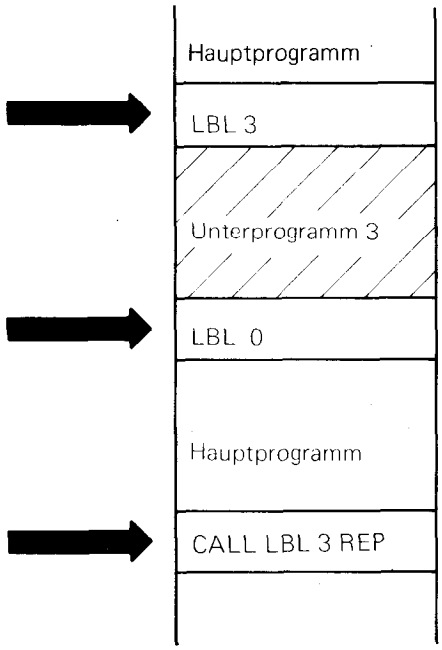
bei einem Unterprogramm-Aufruf: **... CALL LBL ... REP**
oder
bei einer Programmteil-Wiederholung: **... CALL LBL ... REP .../...**

Schematische Darstellung eines Unterprogramms:

Der Beginn des Unterprogramms wird durch eine Programm-Marke (z.B. LBL 3) gekennzeichnet.

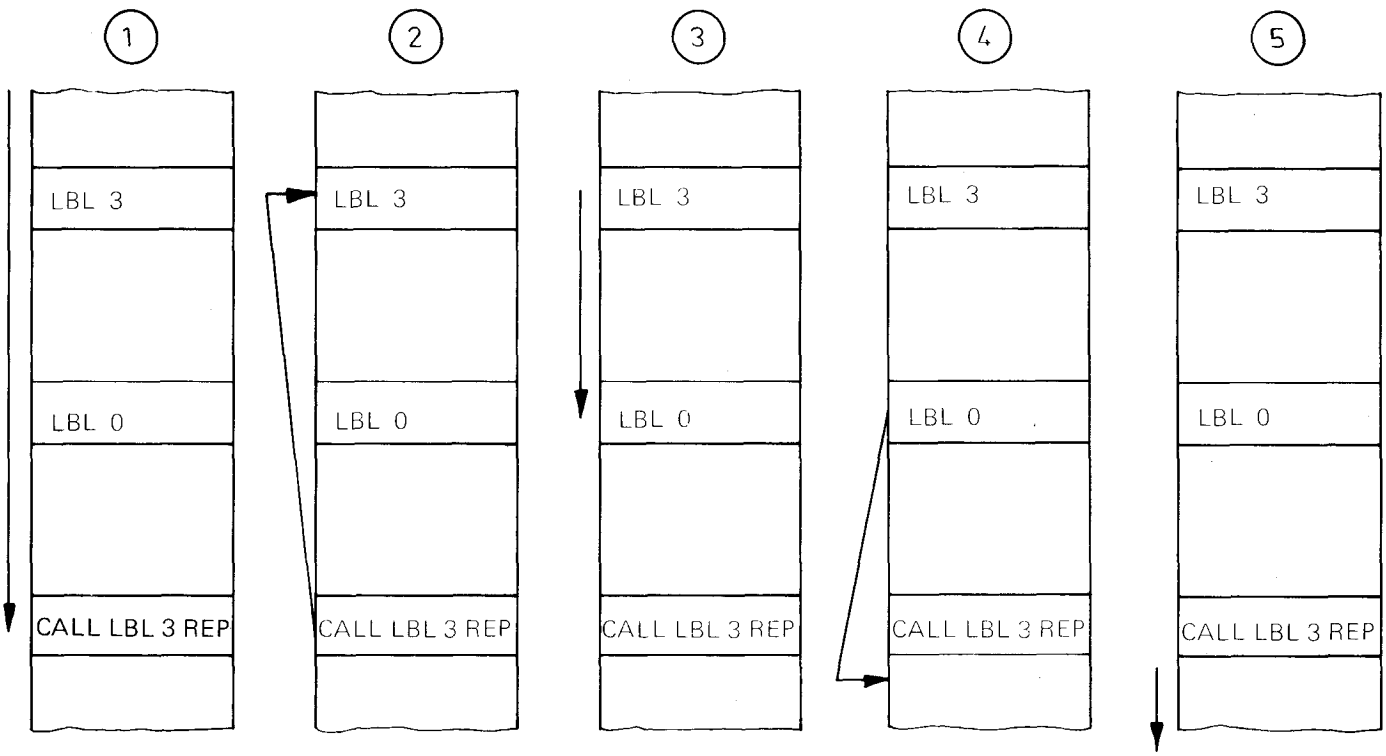
Das Ende des Unterprogramms wird durch die Programm-Marke LBL 0 gekennzeichnet.

Mit dem Unterprogramm-Aufruf kann dann von einem beliebigen Programmschritt aus das Unterprogramm aufgerufen werden (d.h. auf die betreffende Programm-Marke gesprungen werden); nach Abarbeiten des Unterprogramms wird das Hauptprogramm fortgesetzt.



Beachte:
Ein **Unterprogramm** kann durch einen Unterprogramm-Aufruf nur **einmal abgearbeitet** werden.

Beschreibung des Programmablaufs:



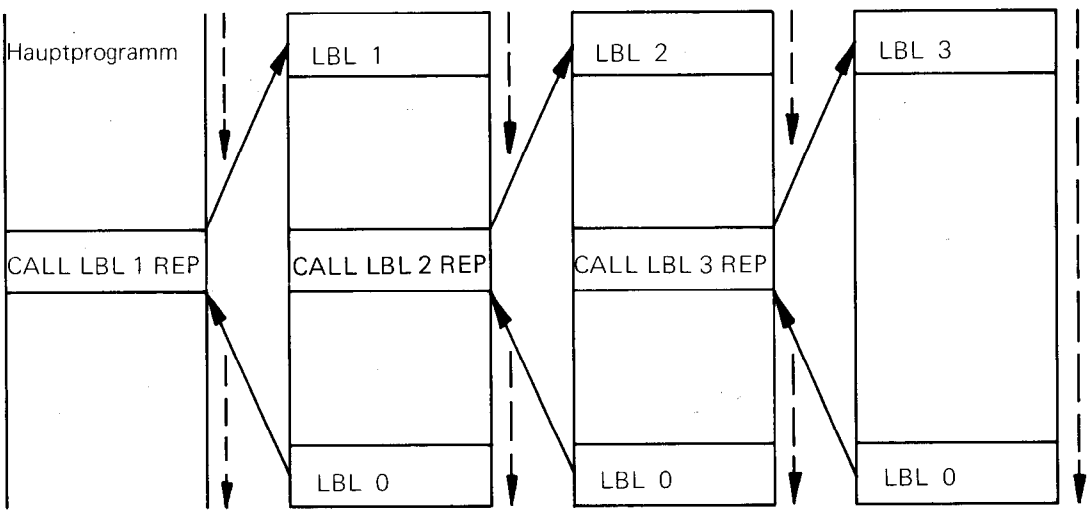
1. Das Bearbeitungsprogramm wird bis zum Unterprogramm-Aufruf abgearbeitet.
2. Jetzt erfolgt der Sprung zur aufgerufenen Programm-Marke.
3. Das Unterprogramm wird bis zum Unterprogramm-Ende (Label 0) abgearbeitet.
4. Rücksprung zu dem Satz, der nach dem Unterprogramm-Aufruf steht.
5. Der normale Programmablauf wird fortgeführt.

Beachte:
Ein Unterprogramm darf nicht innerhalb eines Unterprogramms definiert werden !

Schachtelung von Unterprogrammen

Unterprogramme können bis zu 8-fach geschachtelt werden, d.h. bis zu acht verschiedene Unterprogramme können durch Sprungbefehle in den einzelnen Unterprogrammen miteinander verknüpft werden. Unterprogramme können auch Programmteil-Wiederholungen enthalten. Wird mehr als 8-fach geschachtelt, so erscheint die Fehleranzeige "ZU HOHE VERSCHACHTELUNG".

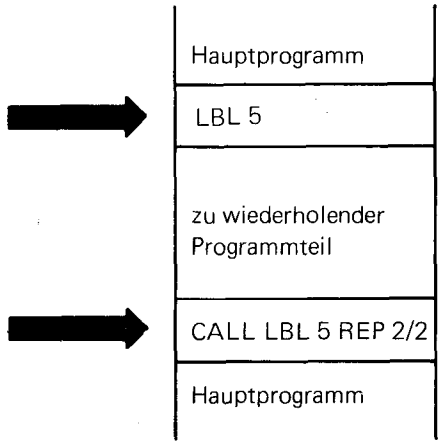
Schematische Darstellung einer Unterprogramm-Schachtelung:



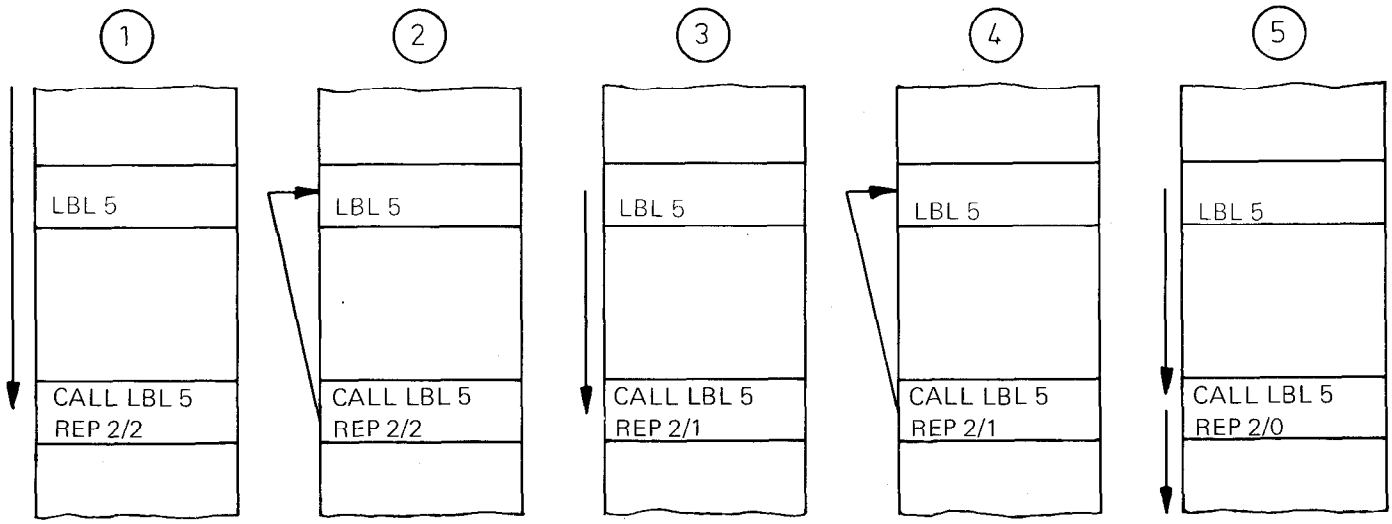
Schematische Darstellung einer Programmteil-Wiederholung

Der Beginn des Programmteils, der wiederholt werden soll, wird durch eine Programm-Marke (z.B. LBL 5) gekennzeichnet.

Bei einer Programmteil-Wiederholung wird die Anzahl der Wiederholungen nach der Programm-Marke eingegeben. Maximal können 65535 Wiederholungen eingegeben werden.



Beschreibung des Programmablaufs:



1. Das Bearbeitungsprogramm wird bis zum Aufruf der Programmteil-Wiederholung abgearbeitet. Als Beispiel sind zwei Wiederholungen programmiert: CALL LBL 5 REP 2/2; die letzte Zahl (nach dem Schrägstrich) gibt die noch offenen Wiederholungen an.

2. Jetzt erfolgt der Rücksprung zur aufgerufenen Programm-Marke.

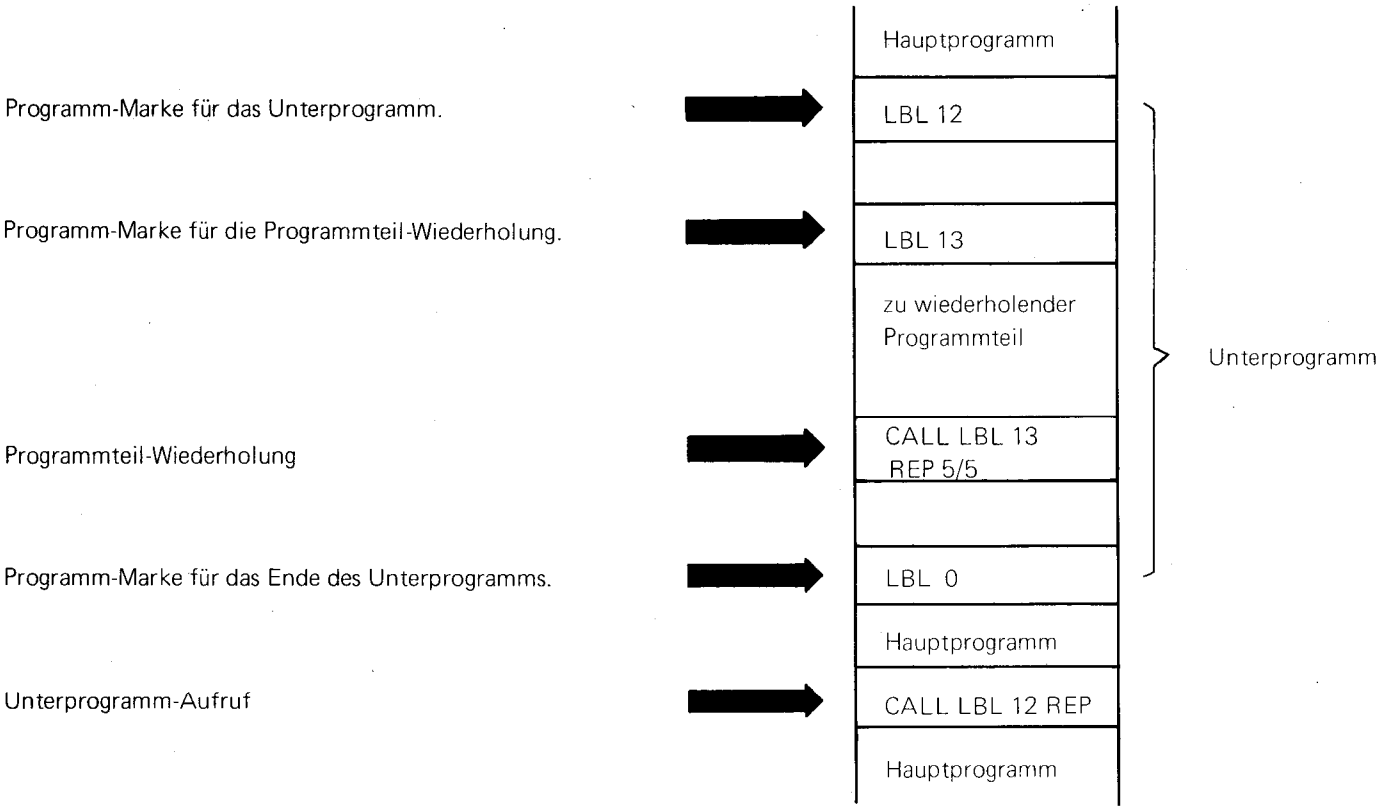
3. Der Programmteil wird wiederholt. Befindet sich in dem zu wiederholenden Programmteil ein "Label 0", so wird diese Programm-Marke überlesen.

4. Erneuter Rücksprung zur Programm-Marke.

5. Nach der zweiten Wiederholung zeigt der Bildschirm an: CALL LBL 5 REP 2/0.

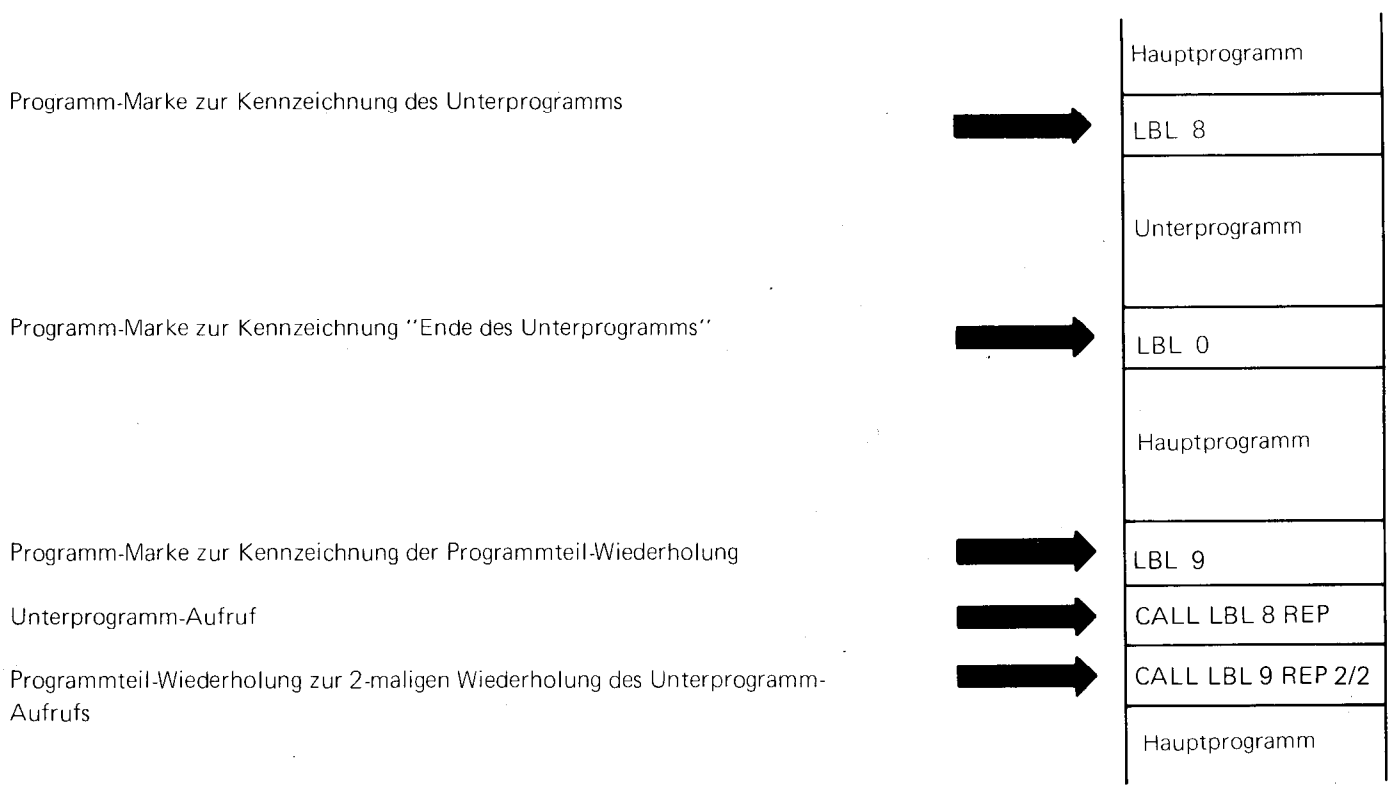
Sind alle programmierten Wiederholungen durchgeführt, wird der normale Programmablauf fortgeführt.

Beachte:
Eine **Programmteil-Wiederholung** kann auch **in einem Unterprogramm** programmiert werden (siehe Kapitel I 5.3).

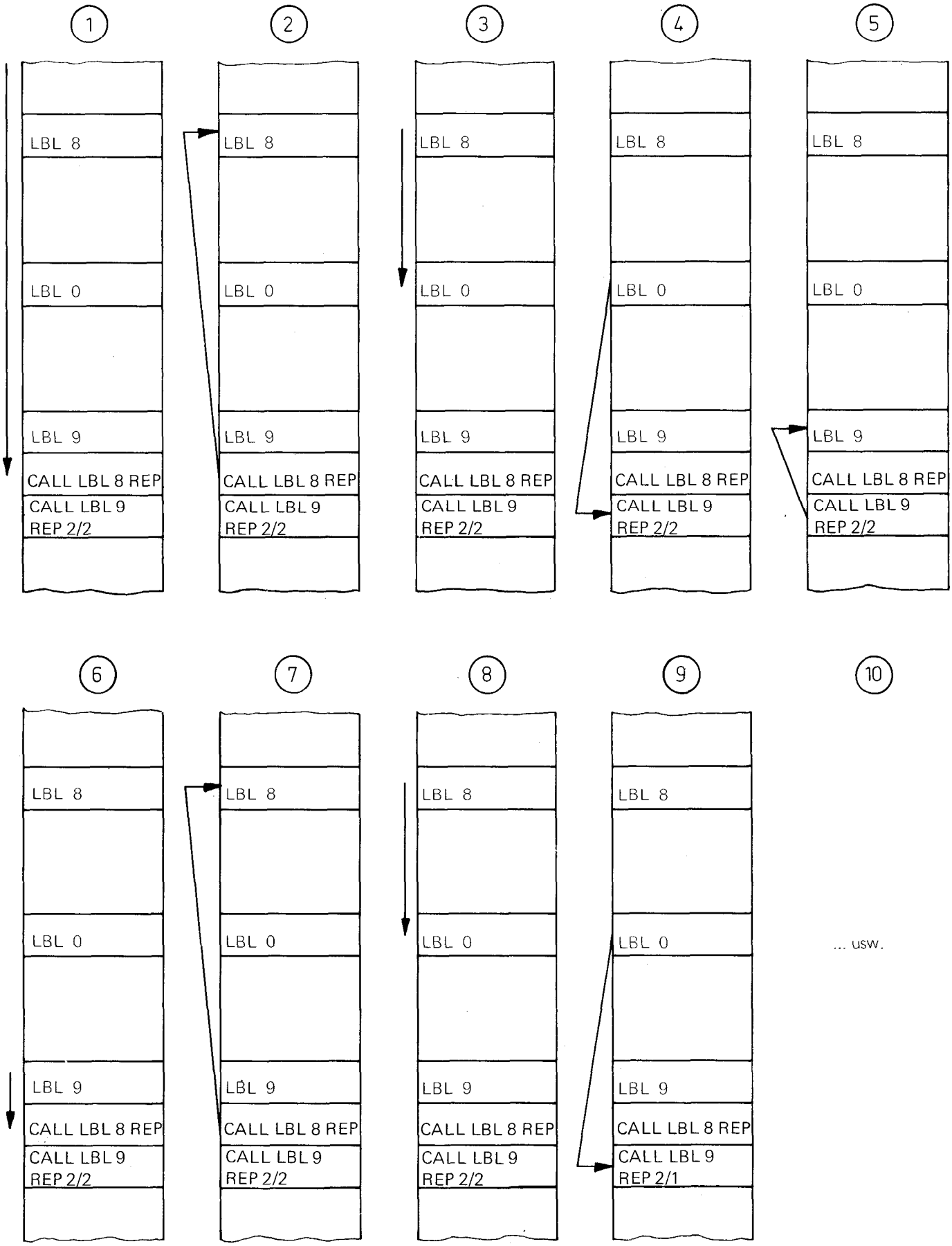


Schematische Darstellung einer mehrfachen Unterprogramm-Wiederholung

Soll ein Unterprogramm mehrmals wiederholt werden, so ist nach folgendem Schema zu programmieren:



Beachte:
Wenn **zwei Wiederholungen** programmiert werden, wird das Unterprogramm insgesamt **dreimal ausgeführt.**


1
2
3
4
5
LBL 8
LBL 0
LBL 9
CALL LBL 8 REP
CALL LBL 9
REP 2/2
6
7
8
9
10
LBL 8
LBL 0
LBL 9
CALL LBL 8 REP
CALL LBL 9
REP 2/2
CALL LBL 9
REP 2/1
... usw.

1. Das Bearbeitungsprogramm wird bis zum Unterprogramm-Aufruf abgearbeitet.

2. Rücksprung zur aufgerufenen Programm-Marke.

3. Abarbeiten des Unterprogramms.

4. Rücksprung zu dem Satz, der nach dem Programm-Aufruf steht.

5. Rücksprung zur Programm-Marke für die Programmteil-Wiederholung.

6. In der Programmteil-Wiederholung befindet sich der Unterprogramm-Aufruf.

7. Rücksprung zur aufgerufenen Programm-Marke.

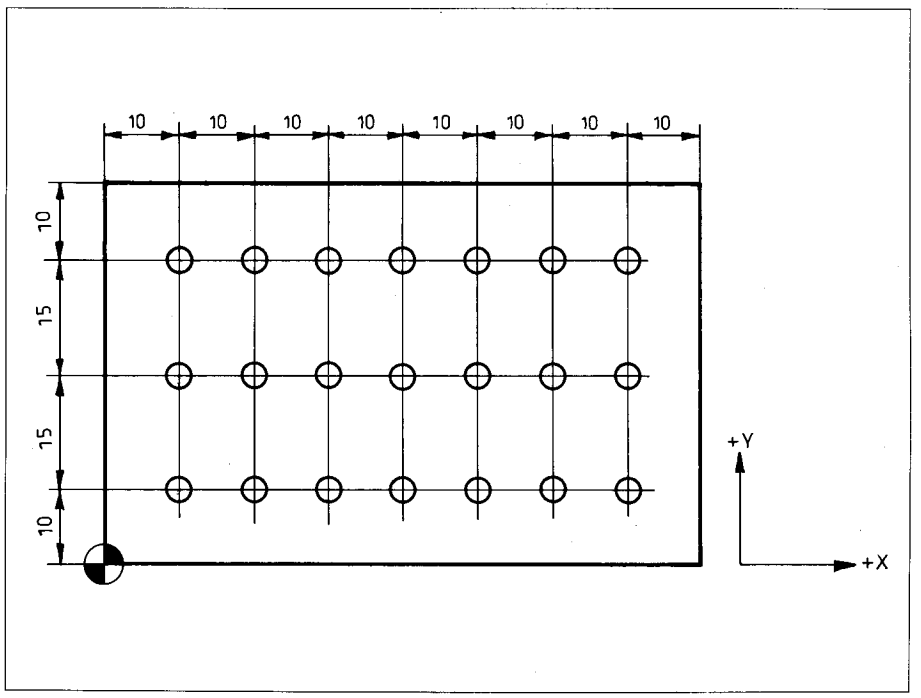
8. Abarbeiten des Unterprogramms.

9. Rücksprung zu dem Satz, der nach dem Unterprogramm-Aufruf steht.

10. Dieser Programmablauf wiederholt sich so oft, bis alle Programmteil-Wiederholungen und dadurch alle Unterprogramm-Aufrufe durchgeführt wurden.

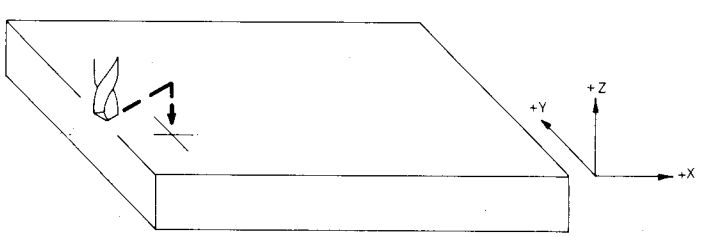
I 5.3) Programmierung von Bohrbildern mit Unterprogrammen und Programmteil-Wiederholungen

Die aufwendige Programmierung von Bohrbildern wird wesentlich vereinfacht durch Verwendung von Unterprogrammen und Programmteil-Wiederholungen. Das folgende Beispiel soll die Programmiertechnik veranschaulichen.

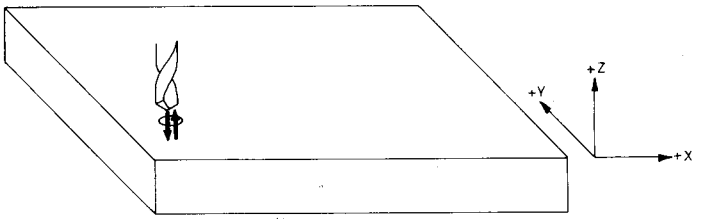


Programmierschema:

1. Werkzeug-Korrektur abwählen,	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000
Werkzeugwechselposition anfahren,	2 L Z + 20,000 R0 F9999 M05
	3 L X - 20,000 Y - 20,000 R0 F9999 M
Werkzeug-Definition und	4 TOOL DEF 1 LAENGE . . . RADIUS . . .
	5 STOP M
Werkzeug-Aufruf	6 TOOL CALL 1 Z S . . .
2. Definition des Bohrzyklus.	7 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 8 CYCL DEF 1.1 ABST. - 2,000 9 CYCL DEF 1.2 TIEFE - 25,000 10 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG - 3,000 11 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 0 12 CYCL DEF 1.5 F 200
3. Anfahren der ersten Bohrung der ersten Reihe.	13 L X + 10,000 Y + 10,000 R0 F9999 M03 14 L Z + 2,000 R0 F9999 M



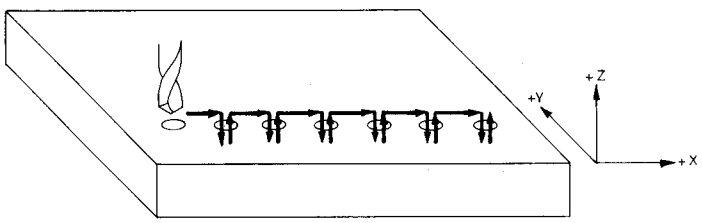
4. Bohren der ersten Bohrung.




```
15 CYCL CALL
                                M
```

---

5. Programmierung der ersten Reihe im Kettenmaß mit Programmteil-Wiederholung und Kennzeichnung dieses Programmabschnitts als Unterprogramm.

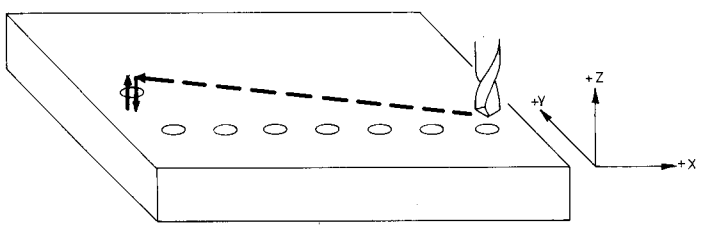



```
16 LBL 1
17 L   I  X + 10,000
                    R0 F9999   M
18 CYCL CALL

19 LBL CALL 1 REP 5/5
20 LBL 0
```

---

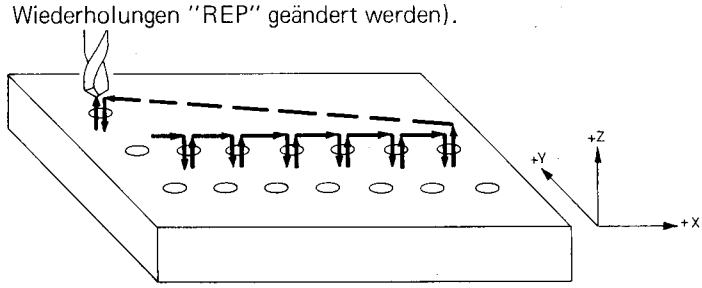
6. Anfahren der zweiten Bohrungsreihe (Die Y-Koordinate wird im Kettenmaß programmiert) und bohren der ersten Bohrung dieser Reihe




```
21 L       X + 10,000  I  Y + 15,000
                    R0 F9999   M
22 CYCL CALL
                                M
```

---

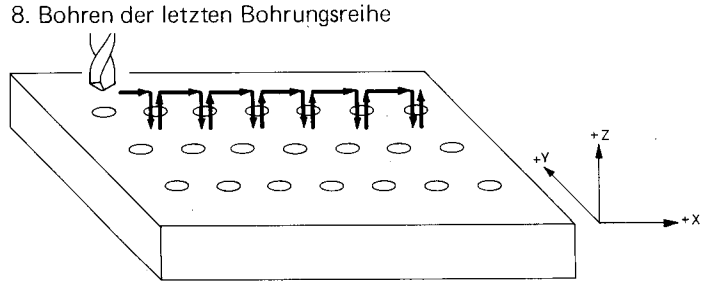
7. Bohren der zweiten bzw. der folgenden Bohrungsreihen und der ersten Bohrung der letzten Bohrungsreihe (falls mehr als drei Reihen gebohrt werden sollen, muß nur die Anzahl der Wiederholungen "REP" geändert werden).




```
23 LBL CALL 1 REP 1/1
```

---

8. Bohren der letzten Bohrungsreihe




```
24 LBL CALL 1 REP
```

---

9. Anfahren der Werkzeugwechsel Position

```
25 TOOL CALL 0     Z S 0,000
26 L       Z + 20,000
                    R0 F9999   M05
27 L       X - 20,000  Y - 20,000
                    R0 F9999   M
```

I 6) Bearbeitungszyklen

I 6.1) Zyklus-Definition CYCL DEF

Die TNC 145 C besitzt für bestimmte, allgemein interessante, öfter wiederkehrende Arbeitsoperationen fest programmierte Arbeitszyklen. Außerdem kann in Form eines Zyklus zum Positionieren auf einer **Raumgeraden** simultan in allen drei Achsen, jedoch ohne Werkzeugradius-Korrektur verfahren werden, eine **Nullpunkt-Verschiebung** programmiert werden und eine **Verweilzeit** festgelegt werden.

Übersicht:

Zyklus 0 = Raumgerade
Zyklus 1 = Tiefbohren
Zyklus 2 = Gewindebohren
Zyklus 3 = Nutenfräsen
Zyklus 4 = Taschenfräsen
Zyklus 5 = Kreistasche
Zyklus 7 = Nullpunkt
Zyklus 8 = Spiegeln
Zyklus 9 = Verweilzeit

Beachte:

Die Zyklen 0 = Raumgerade, 7 = Nullpunkt, 8 = Spiegeln und 9 = Verweilzeit werden bei der Definition auch abgearbeitet; es wird kein Zyklus-Aufruf mit der Taste CYCL CALL benötigt. Alle übrigen Zyklen benötigen einen Zyklus-Aufruf.

I 6.2) Anwählen eines bestimmten Zyklus

(Blättern in der Zyklus-Bibliothek)

Beim Programmieren wird zunächst mit der Taste CYCL DEF der Zyklus-Definitionssatz aufgerufen und mit der Taste ↓ (durch wiederholtes Betätigen) der gewünschte Zyklus ausgewählt, der dann mit ENT übernommen und per Dialog definiert wird.

I 6.3) Beschreibung der Arbeitszyklen

I 6.3.1) Arbeitszyklus "Raumgerade"

Der Arbeitszyklus "Raumgerade" ermöglicht das gleichzeitige Positionieren in drei Achsen.

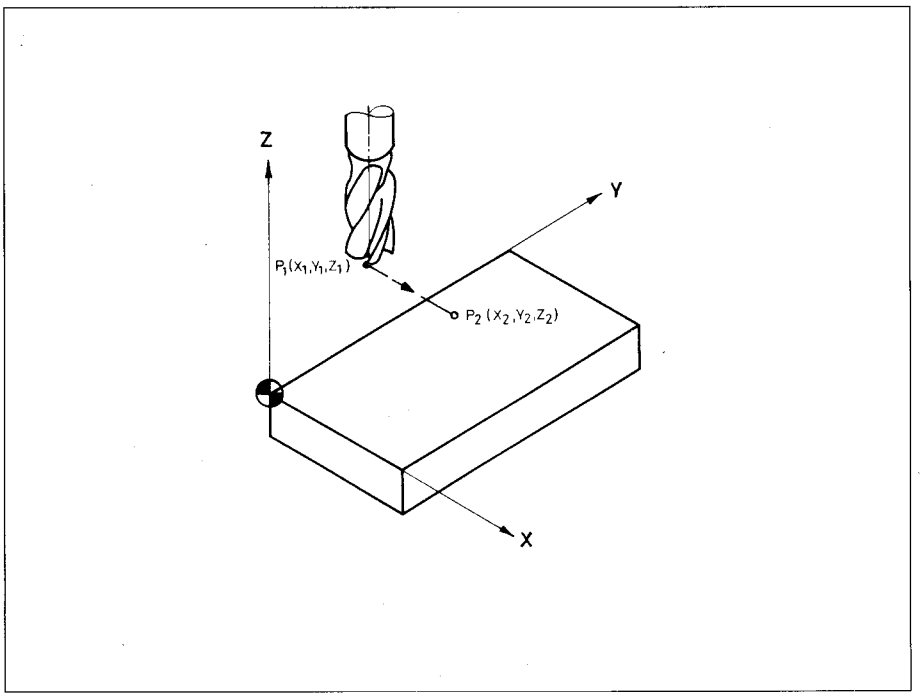
Beachte:

.Dieser Zyklus berücksichtigt nur die Werkzeuglängen-Korrektur, der Werkzeugradius wird bei der Positionierung nicht verrechnet.

.Es wird kein Zyklus-Aufruf benötigt.

Arbeitsablauf:

Das Werkzeug befindet sich in der Position P_1. Im Zyklus "Raumgerade" werden die Koordinaten X, Y und Z des Punktes P_2 programmiert. Das Werkzeug bewegt sich beim Abarbeiten auf einer Geraden von P_1 nach P_2.



Dialog-Eröffnung: Taste CYCL DEF

Dialog-Frage	Beantwortung
CYCL DEF 0 RAUMGERADE	Zyklus durch Drücken der Taste ENT übernehmen
ERSTE KOORDINATE ?	Absolutmaß-Koordinaten oder Kettenmaß-Koordinaten (Achsen und Positionswerte) der Soll-Position eingeben
ZWEITE KOORDINATE ?	
DRITTE KOORDINATE ?	
VORSCHUB ? F = . . .	Bahn-Vorschub eingeben.
ZUSATZ-FUNKTION M ?	Zusatzfunktion eingeben.

Der Arbeitszyklus "Raumgerade" benötigt fünf Programmsätze. Beim "Blättern" im Programm erscheinen folgende Sätze in der Dialog-Anzeige:

. . . CYCL DEF 0.0 RAUMGERADE	
. . . CYCL DEF 0.1 (I) X / Y / Z . . .	1. Koordinate der Soll-Position
. . . CYCL DEF 0.2 (I) X / Y / Z . . .	2. Koordinate der Soll-Position
. . . CYCL DEF 0.3 (I) X / Y / Z . . .	3. Koordinate der Soll-Position
. . . CYCL DEF 0.4 F . . . M . . .	Vorschub und Zusatzfunktion

I 6.3.2) Arbeitszyklus "Tiefbohren"

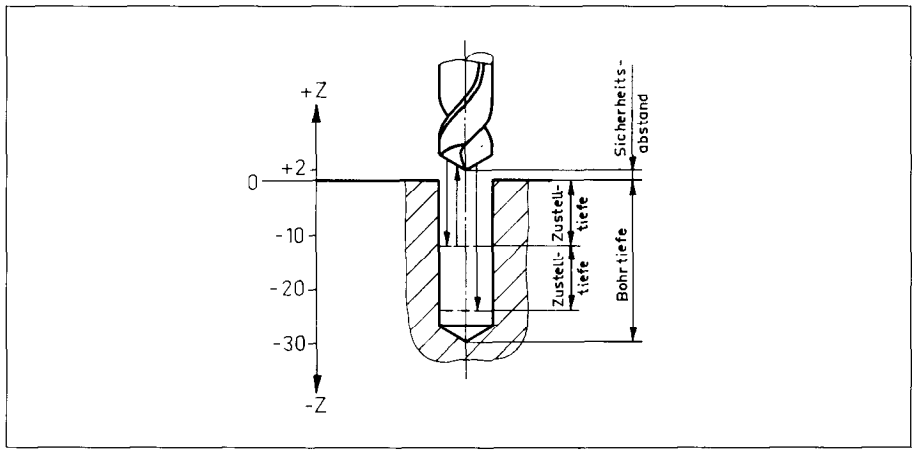
Voraussetzungen für den Arbeitszyklus:

.Vorausgehender Werkzeug-Aufruf (Bestimmung der Bohrachse und der Spindel-Drehzahl).

.Die Spindel-Drehrichtung muß durch einen vorausgehenden Satz festgelegt sein.

.Die Start-Position (Sicherheitsabstand) muß in einem vorausgehenden Positioniersatz angefahren werden.

Beispiel:



Sicherheitsabstand = - 2
(Wenn die Maschine inkremental um - 2 verfahren wird, berührt die Werkzeugspitze die Werkstück-Oberfläche beim Absolutwert 0).

Bohrtiefe = - 30

Zustelltiefe = - 12

1. Arbeitsgang: Bohren auf die Tiefe - 12 und Zurückziehen der Z-Achse auf die Position + 2 im Eilgang (dies ist zum Brechen des Bohrspans erforderlich).

2. Arbeitsgang: Im Eilgang auf die Position - 11,4 und mit Vorschub auf - 24 bohren, anschließend Zurückziehen der Z-Achse auf die Position + 2.

3. Arbeitsgang: Im Eilgang auf die Position - 23,4 und mit Vorschub auf - 30 bohren. Nach Erreichen der Bohrtiefe läuft die programmierte Verweilzeit ab (der Bohrer schneidet frei) und die Achse fährt anschließend im Eilgang zurück auf die Ausgangsposition + 2.

Dialog-Eröffnung: Taste [CYCL DEF] und [↓] -Taste drücken

Dialog-Frage	**Beantwortung**
CYCL DEF 1 TIEFBOHREN	Zyklus durch Drücken der Taste [ENT] übernehmen.
SICHERHEITS-ABSTAND ?	Sicherheitsabstand mit Vorzeichen * eingeben. Diese Position wurde bereits in einem vorhergehenden Positioniersatz angefahren.
BOHRTIEFE ?	Bohrtiefe mit Vorzeichen * eingeben.
ZUSTELL-TIEFE ?	Zustelltiefe mit Vorzeichen * eingeben.
VERWEILZEIT IN SEKUNDEN ?	Verweilzeit zum Freischneiden des Bohrers eingeben.
VORSCHUB ? F = . . .	Vorschub eingeben.

* Der Sicherheitsabstand, die Bohrtiefe und die Zustelltiefe müssen das gleiche Vorzeichen haben und im Kettenmaß angegeben werden.

Der Arbeitszyklus "Tiefbohren" benötigt sechs Programmsätze. Beim "Blättern" im Programm erscheinen folgende Sätze in der Dialog-Anzeige:

. . . CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN	
. . . CYCL DEF 1.1 ABST . . .	Sicherheitsabstand
. . . CYCL DEF 1.2 TIEFE . . .	Bohrtiefe
. . . CYCL DEF 1.3 ZUSTLG . . .	Zustelltiefe
. . . CYCL DEF 1.4 V.ZEIT . . .	Verweilzeit
. . . CYCL DEF 1.5 F . . .	Vorschub

I 6.3.3) Arbeitszyklus "Gewindebohren"

Voraussetzungen für den Arbeitszyklus:

.Zum Schneiden des Gewindes ist ein Längenausgleichs-Futter erforderlich.

.Vorausgehender Werkzeug-Aufruf (Bestimmung der Bohrachse und Spindel-Drehzahl).

.Die Spindel-Drehrichtung muß durch einen vorangehenden Satz festgelegt sein. (M 03 für Rechtsgewinde / M 04 für Linksgewinde).

.Die Start-Position (Sicherheitsabstand) muß in einem vorausgehenden Positioniersatz angefahren werden.

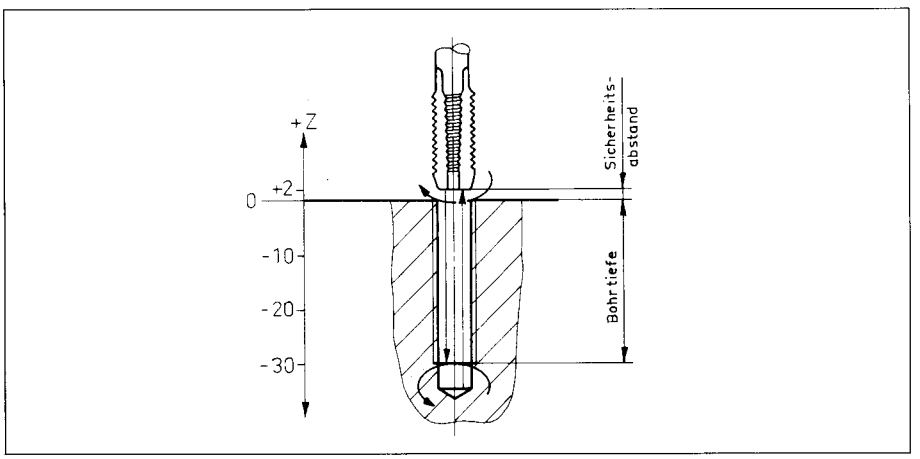
Errechnen des Vorschubwertes für die Zyklusdefinition "Gewindebohren" :

Vorschub [mm/min.] = Spindel-Drehzahl [U/min.] Gewindesteigung [mm]

Beispiel:

Sicherheitsabstand = - 2

Bohrtiefe = - 30



Das Gewinde wird in **einem** Arbeitsgang geschnitten. Nachdem die Tiefe erreicht ist, wird die Drehrichtung der Hauptspindel automatisch nach Ablauf einer (in den Maschinenparametern) festgelegten Zeit in die entgegengesetzte Richtung geschaltet. Jetzt läuft die programmierte Verweilzeit ab. Anschließend wird der Gewindebohrer wieder auf den Sicherheitsabstand zurückgezogen.

Beachte:
Wird der Zyklus "Gewindebohren" aufgerufen, dann kann der programmierte Vorschub durch das Override-Potentiometer nur noch in dem Bereich zwischen 90 % und 110 % geändert werden. Diese eingeschränkte Funktion des Override-Potentiometers ist aus Sicherheits-Gründen erforderlich.

Dialog-Eröffnung: Taste [CYCL DEF] und [↓] -Taste drücken bis der Zyklus "Gewindebohren" erscheint.

Dialog-Frage	**Beantwortung**
CYCL DEF 2 GEWINDEBOHREN	Zyklus durch Drücken der Taste [ENT] übernehmen.
SICHERHEITS-ABSTAND ?	Sicherheitsabstand mit Vorzeichen * eingeben. Diese Position wurde bereits in einem vorhergehenden Positioniersatz angefahren.
BOHRTIEFE ?	Bohrtiefe mit Vorzeichen * eingeben.
VERWEILZEIT IN SEKUNDEN ?	Verweilzeit zwischen Umkehr der Spindel-Drehrichtung und Rückzug des Gewindebohrers programmieren.
VORSCHUB ? F = . . .	Errechneten Vorschub eingeben.

*Sicherheitsabstand und Bohrtiefe müssen das gleiche Vorzeichen haben und im Kettenmaß angegeben werden.

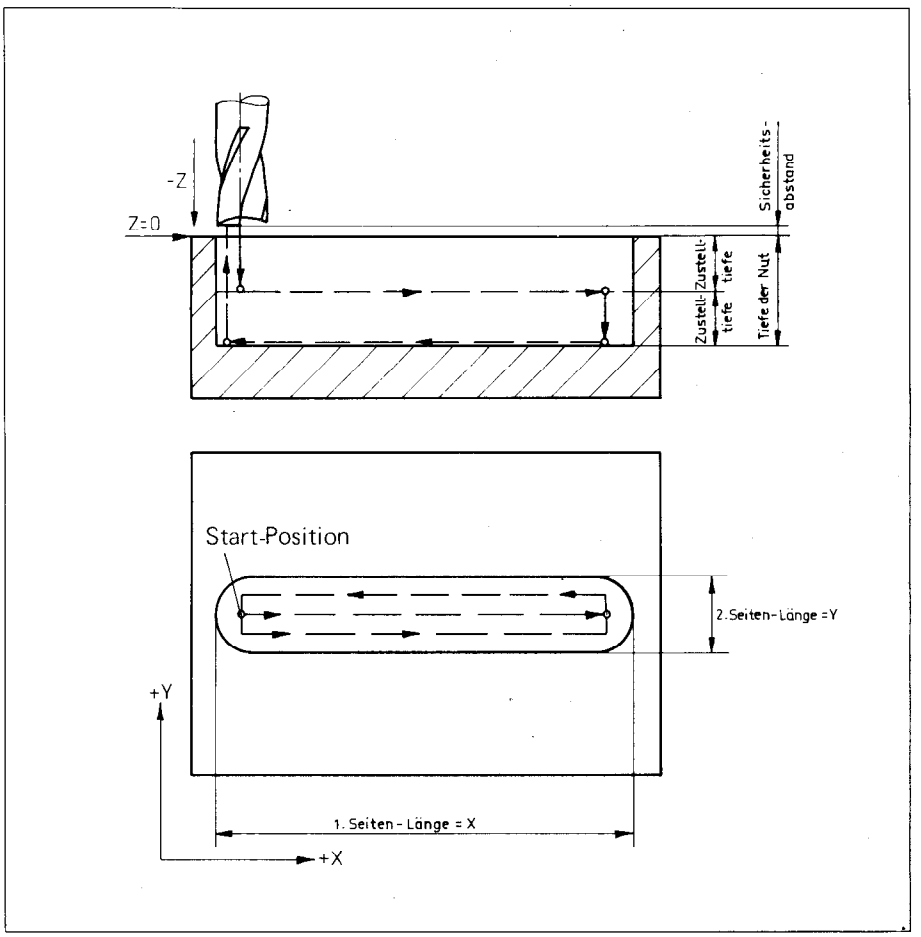
Der Arbeitszyklus "Gewindebohren" benötigt fünf Programmsätze. Beim "Blättern" im Programm erscheinen folgende Sätze in der Dialog-Anzeige:

. . . CYCL DEF 2.0 GEWINDEBOHREN
. . . CYCL DEF 2.1 ABST . . . Sicherheitsabstand
. . . CYCL DEF 2.2 TIEFE . . . Bohrtiefe
. . . CYCL DEF 2.3 V.ZEIT . . . Verweilzeit
. . . CYCL DEF 2.4 F . . . Vorschub

I 6.3.4) Arbeitszyklus "Nutenfräsen"

Voraussetzungen für den Arbeitszyklus:
.Die Nut muß breiter sein als der Fräser-Durchmesser.
.Vorausgehender Werkzeug-Aufruf (Bestimmung der Spindelachse und Spindel-Drehzahl).
.Die Spindel-Drehrichtung muß durch einen vorangehenden Satz festgelegt sein.
.Die Start-Position (Anfangspunkt der Längsnut und Sicherheitsabstand) müssen durch vorausgehende Sätze festgelegt sein.

Arbeitsablauf:



1. Schruppen : Der Fräser sticht mit programmierter Vorschubgeschwindigkeit in das Werkstück ein, bis er die erste Zustelltiefe erreicht hat. Anschließend wird der erste Schruppspan aus dem vollen Material genommen.
   Die zweite Zustellung wird am anderen Ende der Nut ausgeführt usw.

2. Schlichten : Der Fräser stellt jetzt den verbleibenden Schlichtspan seitlich zu und fährt die endgültige Kontur der Nut im Gleichlauf-Fräsen noch einmal ab.

3. Zurückfahren zur Startposition : Das Werkzeug fährt im Eilgang zum Sicherheitsabstand zurück. Falls die Anzahl der Zustellungen ungeradzahlig war, wird die Start-Position zusätzlich durch Verfahren in Längsrichtung der Nut erreicht.

Beachte:
Der Anfangspunkt der Nut muß **mit Radiuskorrektur R+ bzw. R-** in Längsrichtung angefahren werden, d.h. mit einem **achsparallelen Positioniersatz** (Bahnkorrektur RR bzw. RL ist beim Anfahren der Start-Position nicht erlaubt).

*) Die Bezeichnung "Gegenlauf" und "Gleichlauf-Fräsen" beziehen sich auf rechtsdrehende Werkzeuge.

Dialog-Eröffnung: Taste [CYCL DEF] und [↓] -Taste drücken bis der Zyklus "Nutenfräsen" erscheint.

Dialog-Frage	**Beantwortung**
CYCL DEF 3 NUTENFRÄSEN	Zyklus durch Drücken der Taste [ENT] übernehmen.
SICHERHEITSABSTAND ?	Sicherheitsabstand mit Vorzeichen * eingeben. Diese Position wurde bereits in einem vorhergehenden Positioniersatz angefahren.
FRAES-TIEFE ?	Frästiefe mit Vorzeichen * eingeben.
ZUSTELL-TIEFE ?	Zustelltiefe mit Vorzeichen * eingeben.
VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG	Vorschub zum Einstechen in das Werkstück eingeben.
1. SEITEN-LAENGE ?	Der Zahlenwert für die Längsrichtung der Nut wird vorzeichenrichtig programmiert (da festgelegt werden muß, in welcher Richtung vom Ausgangspunkt aus gesehen, die Nut liegt).
2. SEITEN-LAENGE ?	Die Breite der Nut wird immer mit positivem Vorzeichen programmiert.
VORSCHUB ? F = . . .	Vorschub zum Fräsen der Nut eingeben.

*Sicherheitsabstand, Frästiefe und Zustelltiefe müssen das gleiche Vorzeichen haben und im Kettenmaß angegeben werden.

Der Arbeitszyklus "Nutenfräsen" benötigt sieben Programmsätze. Beim "Blättern" im Programm erscheinen folgende Sätze in der Dialog-Anzeige:

. . . CYCL DEF 3.0 NUTENFRAESEN	
. . . CYCL DEF 3.1 ABST . . .	Sicherheitsabstand
. . . CYCL DEF 3.2 TIEFE . . .	Frästiefe
. . . CYCL DEF 3.3 ZUSTLG . . .	Zustelltiefe
F . . .	Vorschub zum Einstechen
. . . CYCL DEF 3.4 X / Y / Z . . .	Länge der Nut
. . . CYCL DEF 3.5 X / Y / Z . . .	Breite der Nut
. . . CYCL DEF 3.6 F . . .	Vorschub

Beachte:
Werden Bearbeitungsprogramme auf der TNC 145 C abgearbeitet, die auf der TNC 145 erstellt worden sind, dann akzeptiert die Steuerung den Zyklus ohne programmierten Vorschub für die Tiefenzustellung. Der Einstechvorgang wird in diesem Fall wie bei der TNC 145 mit der Hälfte des programmierten Vorschubs ausgeführt.

I 6.3.5) Arbeitszyklus "Taschenfräsen" (Schruppzyklus)

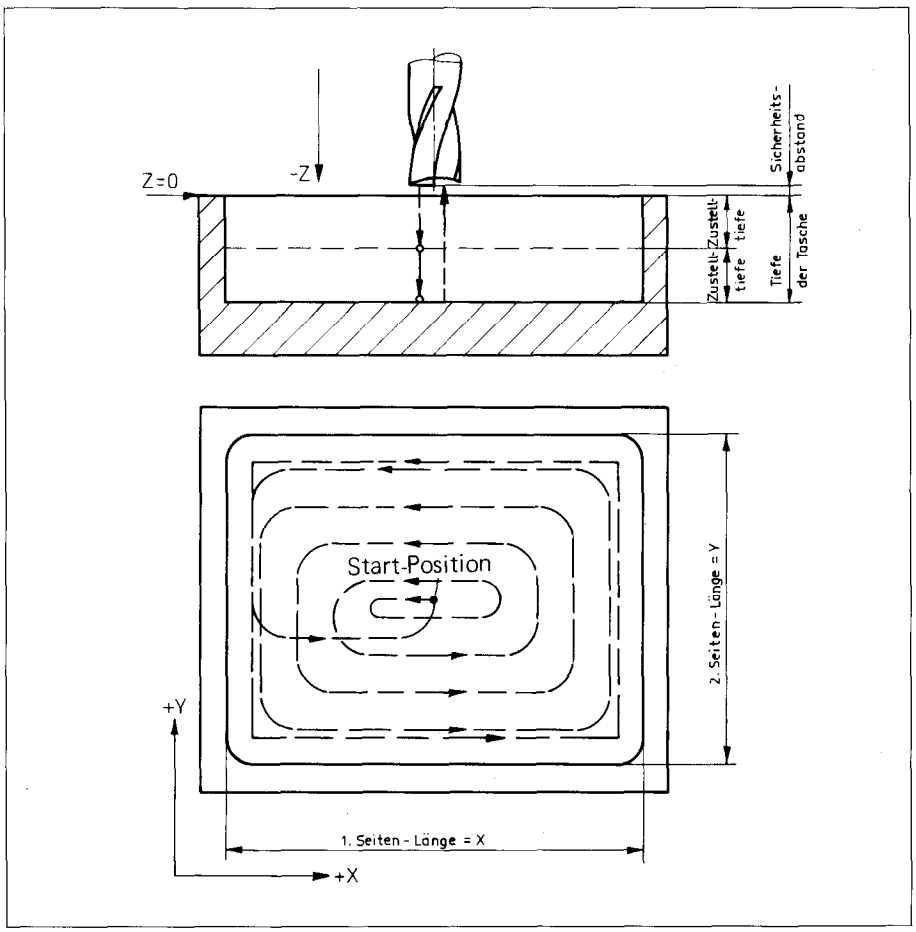
Voraussetzungen für den Arbeitszyklus:

.Vorausgehender Werkzeug-Aufruf (Bestimmung der Spindelachse und Spindel-Drehzahl).

.Die Spindel-Drehrichtung muß durch einen vorangehenden Satz festgelegt sein.

.Die Start-Position (das Zentrum der Tasche und der Sicherheitsabstand) muß durch vorausgehende Sätze festgelegt sein.

Arbeitsablauf:



Der Fräser beschreibt nach dem Einstechen in das Werkstück die eingezeichnete Bahn (wahlweise Gegenlauf- oder Gleichlauf-Fräsen), die parallel zu den Begrenzungskanten der Tasche verläuft und maximal um den Betrag K* . R (R = Fräserradius) zu den Begrenzungskanten hin zugestellt wird.
Wenn die Tasche wegen zu hoher Schnittkraft nicht in einer Zustellung in der Werkzeug-Achse gefräst werden kann, ist die Zustelltiefe festzulegen.

Der Fräsvorgang wiederholt sich, bis die Frästiefe erreicht ist.

Beachte:
Der Zyklus "Taschenfräsen" ist ein Schruppzyklus; soll anschließend geschlichtet werden, ist das Schlichten der Tasche getrennt zu programmieren.

*Der Faktor K wird mit Maschinenparameter 54 festgelegt und kann zwischen 0,1 und 1,414 liegen. Den genauen Wert erfahren Sie bei Ihrem Maschinenhersteller.

Dialog-Eröffnung: Taste [CYCL DEF] und [↓] -Taste drücken bis der Zyklus "Taschenfräsen" erscheint.

Dialog-Frage	**Beantwortung**
CYCL DEF 4 TASCHENFRAESEN	Zyklus durch Drücken der Taste [ENT] übernehmen.
SICHERHEITS–ABSTAND	Sicherheitsabstand mit Vorzeichen * eingeben. Diese Position wurde bereits in einem vorhergehenden Positioniersatz angefahren.
FRAES-TIEFE ?	Frästiefe mit Vorzeichen * eingeben.
ZUSTELL-TIEFE ?	Zustelltiefe mit Vorzeichen * eingeben.
VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG	Vorschub zum Einstechen in das Werkstück eingeben.
1. SEITEN-LAENGE ?	1. Seitenlänge mit positivem Vorzeichen eingeben.
2. SEITEN-LAENGE ?	2. Seitenlänge mit positivem Vorzeichen eingeben.
VORSCHUB ? F = . . .	Vorschub zum Fräsen der Tasche eingeben.
DREHUNG IM UHRZEIGENSINN: DR- ?	Drehung im Uhrzeigersinn gewünscht: Taste [ENT] drücken (Gegenlauf-Fräsen). Drehung im Gegenuhrzeigersinn gewünscht: Taste [NO ENT] drücken (Gleichlauf-Fräsen).

*Sicherheitsabstand, Frästiefe und Zustelltiefe müssen das gleiche Vorzeichen haben und im Kettenmaß angegeben werden.

Der Arbeitszyklus "Taschenfräsen" benötigt sieben Programmsätze. Beim "Blättern" im Programm erscheinen folgende Sätze in der Dialog-Anzeige:

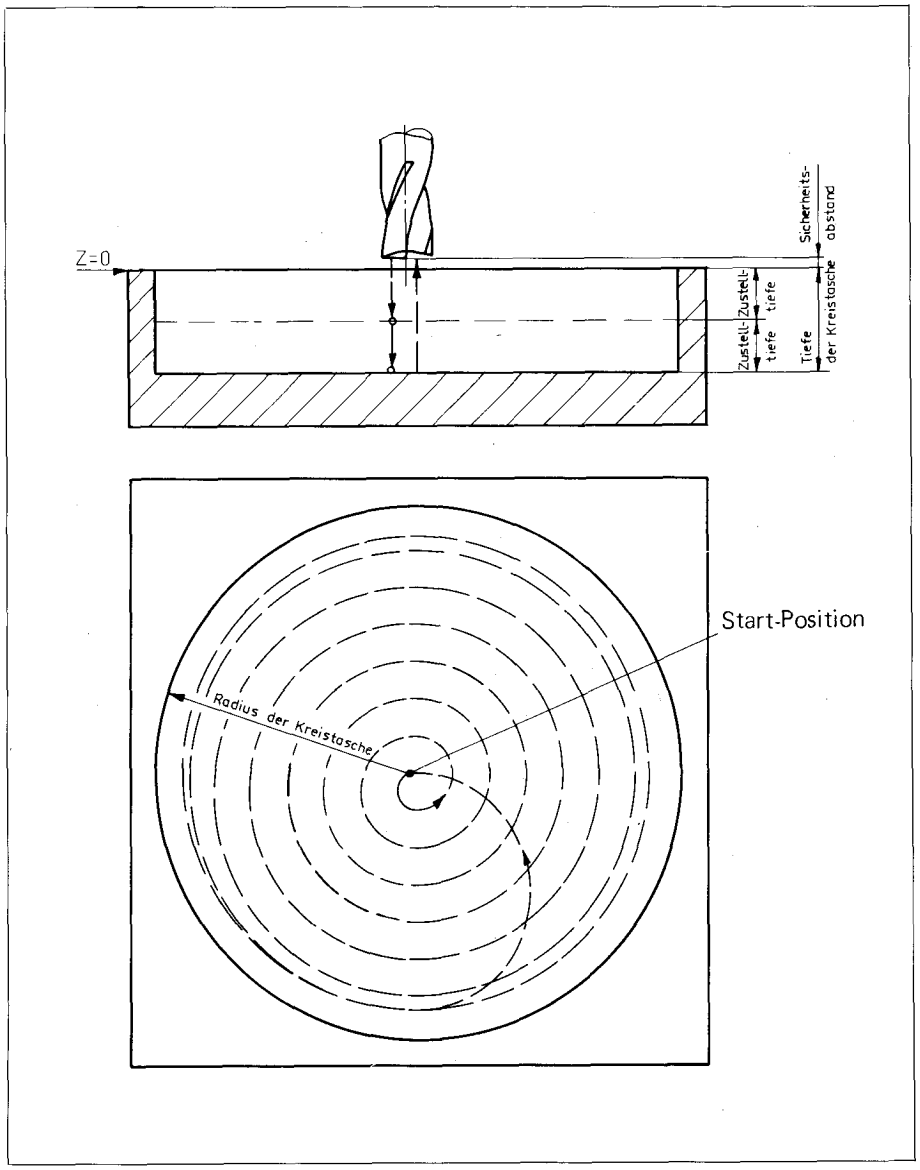
. . . CYCL DEF 4.0 TASCHENFRAESEN	
. . . CYCL DEF 4.1 ABST . . .	Sicherheitsabstand
. . . CYCL DEF 4.2 TIEFE . . .	Frästiefe
. . . CYCL DEF 4.3 ZUSTLG . . .	Zustelltiefe
F . . .	Vorschub zum Einstechen
. . . CYCL DEF 4.4 X / Y / Z . . .	1. Seitenlänge
. . . CYCL DEF 4.5 X / Y / Z . . .	2. Seitenlänge
. . . CYCL DEF 4.6 F . . . DR+/DR-	Vorschub / Drehrichtung

Beachte:
Werden Bearbeitungsprogramme auf der TNC 145 C abgearbeitet, die auf der TNC 145 erstellt worden sind, dann akzeptiert die Steuerung den Zyklus ohne programmierten Vorschub für die Tiefenzustellung. Der Einstechvorgang wird in diesem Fall wie bei der TNC 145 mit der Hälfte des programmierten Vorschubs ausgeführt.

I 6.3.6) Arbeitszyklus "Kreistasche" (Schruppzyklus)

Voraussetzungen für den Arbeitszyklus:
.Vorausgehender Werkzeug-Aufruf (Bestimmung der Spindelachse und Spindel-Drehzahl).
.Die Spindel-Drehrichtung muß durch einen vorausgehenden Satz festgelegt sein.
.Die Start-Position (das Zentrum der Kreistasche und der Sicherheitsabstand) muß durch vorausgehende Sätze festgelegt sein.

Arbeitsablauf:



Der Fräser beschreibt nach dem Einstechen in das Werkstück eine Bahn, die wie eingezeichnet spiralenförmig mit der Zustellung K* . R (R = Fräserradius) nach außen verläuft (wahlweise Gegenlauf- oder Gleichlauf-Fräsen).
Kann die Tasche wegen zu hoher Schnittkraft nicht in einer Zustellung in der Werkzeug-Achse gefräst werden, ist die Zustelltiefe festzulegen.

Der Fräsvorgang wiederholt sich, bis die Frästiefe erreicht wird.

Beachte:
Der Zyklus Kreistasche ist ein Schruppzyklus; soll anschließend geschlichtet werden, ist das Schlichten der Tasche getrennt zu programmieren.

*Der Faktor K wird mit Maschinenparameter 54 festgelegt und kann zwischen 0,1 und 1,414 liegen. Den genauen Wert erfahren Sie bei Ihrem Maschinenhersteller.

Dialog-Eröffnung: Taste CYCL DEF und ↓ -Taste drücken bis der Zyklus "Kreistasche" erscheint.

Dialog-Frage	Beantwortung
CYCL DEF 5 KREISTASCHE	Zyklus durch Drücken der Taste ENT übernehmen.
SICHERHEITS-ABSTAND ?	Sicherheitsabstand mit Vorzeichen * eingeben. Diese Position wurde bereits in einem vorhergehenden Positioniersatz angefahren.
FRAES-TIEFE ?	Frästiefe mit Vorzeichen * eingeben.
ZUSTELL-TIEFE ?	Zustelltiefe mit Vorzeichen * eingeben.
VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG	Vorschub zum Einstechen in das Werkstück eingeben.
KREIS-RADIUS ?	Kreistaschen-Radius eingeben.
VORSCHUB ? F = . . .	Vorschub zum Fräsen der Kreistasche eingeben.
DREHUNG IM UHRZEIGERSINN: DR- ?	Drehung im Uhrzeigersinn gewünscht: Taste ENT drücken (Gegenlauf-Fräsen). Drehung im Gegenuhrzeigersinn gewünscht: Taste NO ENT drücken (Gleichlauf-Fräsen).

*Sicherheitsabstand, Frästiefe und Zustelltiefe müssen das gleiche Vorzeichen haben und im Kettenmaß angegeben werden.

Der Arbeitszyklus "Kreistasche" benötigt sechs Programmsätze. Beim "Blättern" im Programm erscheinen folgende Sätze in der Dialog-Anzeige:

. . . CYCL DEF 5.0 KREISTASCHE	
. . . CYCL DEF 5.1 ABST . . .	Sicherheitsabstand
. . . CYCL DEF 5.2 TIEFE . . .	Frästiefe
. . . CYCL DEF 5.3 ZUSTLG . . .	Zustelltiefe
F . . .	Vorschub zum Einstechen
. . . CYCL DEF 5.4 RADIUS . . .	Radius
. . . CYCL DEF 5.5 F . . . DR+/DR-	Vorschub / Drehrichtung

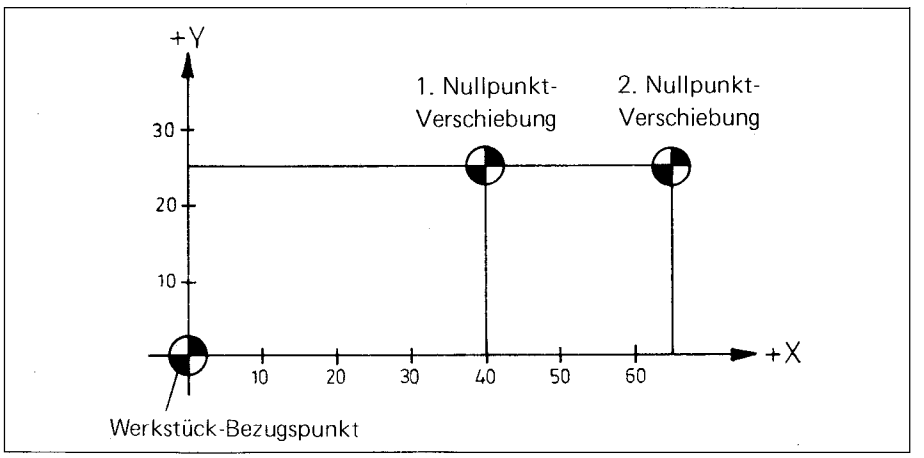
Beachte:
Werden Bearbeitungsprogramme auf der TNC 145 C abgearbeitet, die auf der TNC 145 erstellt worden sind, dann akzeptiert die Steuerung den Zyklus ohne programmierten Vorschub für die Tiefenzustellung. Der Einstechvorgang wird in diesem Fall wie bei der TNC 145 mit der Hälfte des programmierten Vorschubs ausgeführt.

I 6.3.7) Arbeitszyklus "Nullpunkt"

Dieser Arbeitszyklus ermöglicht das Verschieben des Werkstück-Nullpunktes **in allen drei Achsen** beliebig im Absolut- oder Kettenmaß. **Der Programmteil, der nach dem Zyklus programmiert wird, bezieht sich auf den neuen Nullpunkt.** Der durch Istwert-Setzen festgelegte Bezugspunkt bleibt erhalten.

Beachte:
Es wird kein Zyklus-Aufruf benötigt.

Beispiel: Nullpunkt-Verschiebung in der X-Y-Ebene



Eingabewerte:
1. Nullpunkt-Verschiebung
X 40,000
Y 25,000
Z 0,000

2. Nullpunkt-Verschiebung
I X 25,000
I Y 0,000
I Z 0,000

Das **Löschen der Nullpunkt-Verschiebung** (d.h. die Positions-Sollwerte beziehen sich wieder auf den gesetzten Werkstück-Bezugspunkt) geschieht durch Eingabe einer **Nullpunkt-Verschiebung mit den Koordinaten: X 0.000, Y 0.000 und Z 0.000.**

Dialog-Eröffnung: Taste [CYCL DEF] und [↓] -Taste drücken bis der Zyklus "Nullpunkt" erscheint.

Dialog-Frage	**Beantwortung**
CYCL DEF 7 NULLPUNKT	Zyklus durch Drücken der Taste [ENT] übernehmen
VERSCHIEBUNG X-ACHSE ?	Verschiebung absolut oder inkremental eingeben.
VERSCHIEBUNG Y-ACHSE ?	
VERSCHIEBUNG Z-ACHSE ?	

Der Arbeitszyklus "Nullpunkt" benötigt vier Programmsätze. Beim "Blättern" im Programm erscheinen folgende Sätze in der Dialog-Anzeige:

... CYCL DEF 7.0 NULLPUNKT
... CYCL DEF 7.1 (I) X ... Verschiebung X-Achse
... CYCL DEF 7.2 (I) Y ... Verschiebung Y-Achse
... CYCL DEF 7.3 (I) Z ... Verschiebung Z-Achse

I 6.3.8) Arbeitszyklus "Spiegeln"

Dieser Arbeitszyklus ermöglicht das Spiegeln einer Kontur in der Bearbeitungsebene. **Es wird der Programmteil gespiegelt, der nach dem Zyklus programmiert wird.** Auch das gleichzeitige Spiegeln in zwei Achsen ist möglich.

Beachte:

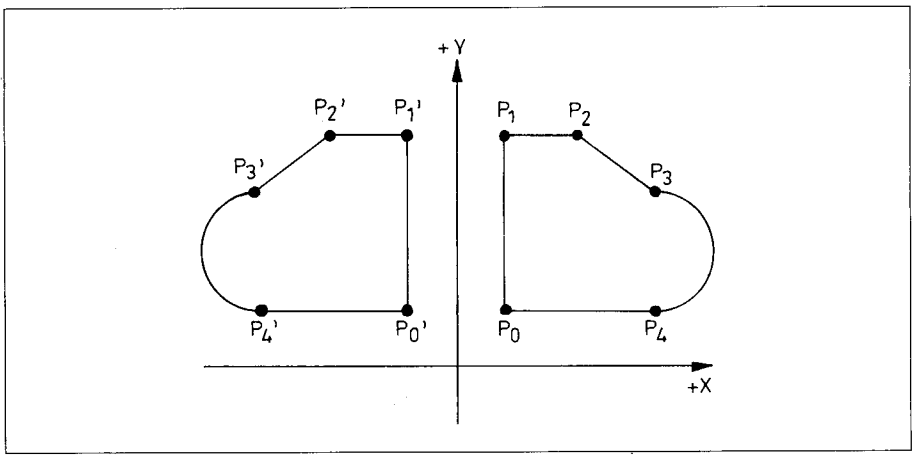
.Die Werkzeugachse kann nicht gespiegelt werden (Fehlermeldung: WERKZEUG-ACHSE GESPIEGELT).

.Es wird kein Zyklus-Aufruf benötigt.

.Vor dem Zyklus muß die Bahnkorrektur der vorausgehenden Kontur beendet sein.

Beispiel: Spiegeln der X-Achse

Die Punkte P_0 bis P_4 sind die Positions-Sollwerte einer programmierten Kontur. Wird die X-Achse gespiegelt, dann werden automatisch die Vorzeichen aller X-Koordinaten umgekehrt, so daß die gespiegelte Kontur mit den Punkten P_0' bis P_4' entsteht.



Dialog-Eröffnung: Taste [CYCL DEF] und [↓] -Taste drücken bis der Zyklus "Spiegeln" erscheint.

Dialog-Frage	Beantwortung
CYCL DEF 8 SPIEGELN	Zyklus durch Drücken der Taste [ENT] übernehmen.
SPIEGELN X-ACHSE ?	Spiegeln der X-Achse ist erwünscht: Taste [ENT] drücken. Spiegeln der X-Achse ist nicht erwünscht: Taste [NO ENT] drücken. Nächste Dialog-Frage erscheint.
SPIEGELN Y-ACHSE ?	Spiegeln der Y-Achse ist erwünscht: Taste [ENT] drücken. Spiegeln der Y-Achse ist nicht erwünscht: Taste [NO ENT] drücken. Nächste Dialog-Frage erscheint.
SPIEGELN Z-ACHSE ?	Spiegeln der Z-Achse ist erwünscht: Taste [ENT] drücken. Spiegeln der Z-Achse ist nicht erwünscht. Taste [NO ENT] drücken.

Aufheben einer Spiegelung:

Eine Spiegelung wird aufgehoben durch Programmierung des Zyklus "Spiegeln" und Beantwortung aller drei Dialog-Fragen mit der Taste [NO ENT] .

Der Arbeitszyklus "Spiegeln" benötigt zwei Programmsätze. Beim "Blättern" im Programm erscheinen folgende Sätze in der Dialog-Anzeige:

... CYCL DEF 8.0 SPIEGELN
... CYCL DEF 8.1 X / Y / Z Spiegelungs-Achse

I 6.3.9) Arbeitszyklus "Verweilzeit"

Als Verweilzeit wird ein zeitlich definierter Stillstand während des Programmablaufs festgelegt (z.B. zum Freischneiden).

Beachte:
Es wird kein Zyklus-Aufruf benötigt.

Dialog-Eröffnung: Taste [CYCL DEF] und [↓] -Taste drücken bis der Zyklus "Verweilzeit" erscheint.

Dialog-Frage	Beantwortung
CYCL DEF 9 VERWEILZEIT	Zyklus durch Drücken der Taste [ENT] übernehmen.
VERWEILZEIT IN SEKUNDEN ?	Gewünschte Verweilzeit eingeben: Eingabegrenzen 0,001 – 19 999,99

Der Arbeitszyklus "Verweilzeit" benötigt zwei Programmsätze. Beim "Blättern" im Programm erscheinen folgende Sätze in der Dialog-Anzeige:

... CYCL DEF 9.0 VERWEILZEIT
... CYCL DEF 9.1 V.ZEIT ... Verweilzeit

I 6.4) Der Zyklus-Aufruf [CYCL CALL]

Für den Zyklus-Aufruf gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Programmierung eines "CYCL CALL"-Satzes

Dialog-Eröffnung: Taste [CYCL CALL]

Dialog-Frage: ZUSATZFUNKTION - M ?

Zusatzfunktion eingeben.

Der Zyklus-Aufruf benötigt nur einen Programmsatz:

... CYCL CALL
M ...

2. Programmierung der Zusatzfunktion M 99 (siehe Kapitel I 3.1)

Beachte:
Der Zyklus-Aufruf ist nicht erforderlich bei den Arbeitszyklen
0 = Raumgerade
7 = Nullpunkt
8 = Spiegeln
9 = Verweilzeit.

Alle anderen Arbeitszyklen müssen aufgerufen werden.

Beachte:
Mit [CYCL CALL] oder über die Zusatzfunktion M 99 kann nur der im Programmablauf **zuletzt definierte Arbeitszyklus** aufgerufen werden. Zyklen, die keinen Aufruf benötigen werden nicht berücksichtigt.

I 7) Programmierter Halt: Taste [STOP]

Dialog-Eröffung: Taste [STOP]

Dialog-Frage: ZUSATZFUNKTION M ?

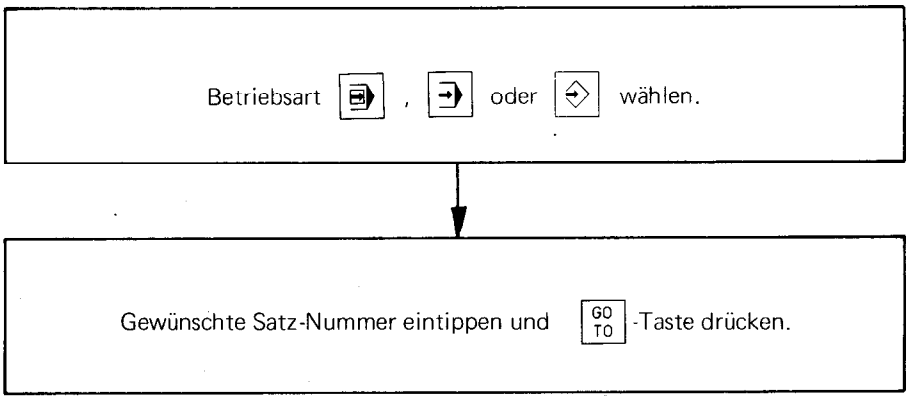
Gegebenfalls gewünschte Zusatzfunktion M eingeben.

Der programmierte Halt mit der Taste [STOP] erfordert einen Programmsatz:

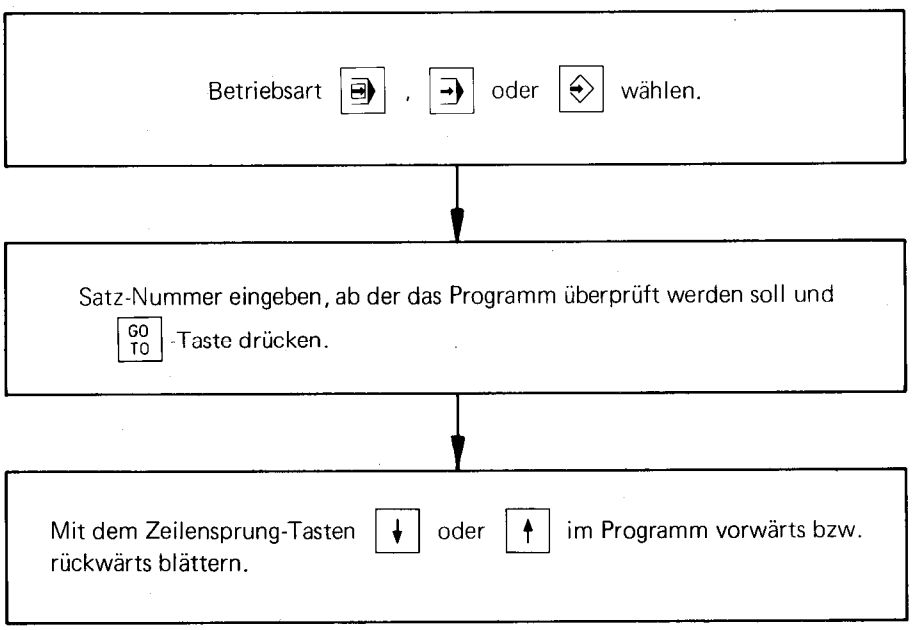
... STOP
M ...

I 8) Programm-Korrekturen (Editieren des Bearbeitungsprogramms)

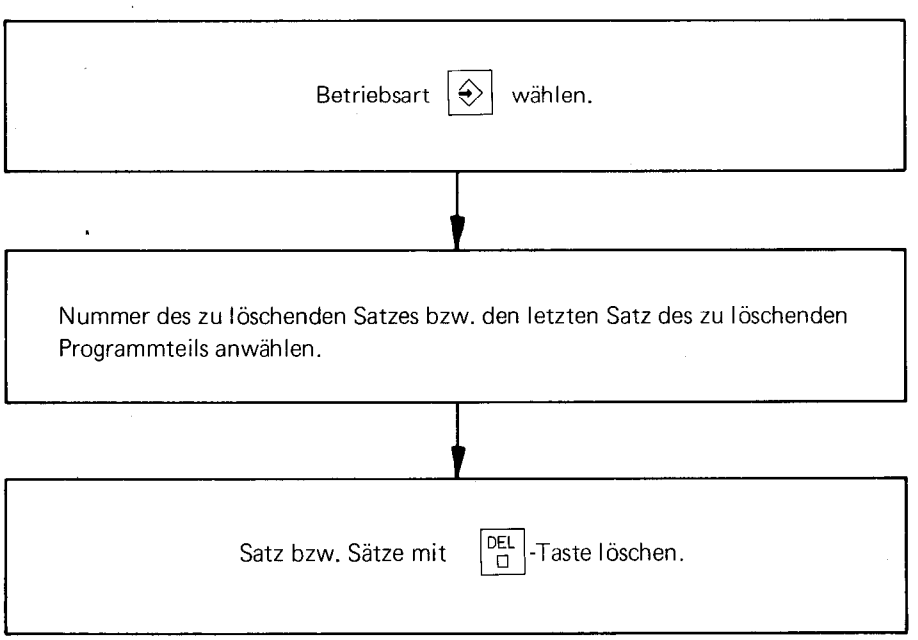
I 8.1) Aufruf eines bestimmten Programmsatzes



I 8.2) Schrittweises Überprüfen der Programmsätze


Betriebsart , oder wählen.
Satz-Nummer eingeben, ab der das Programm überprüft werden soll und GO TO -Taste drücken.
Mit dem Zeilensprung-Tasten oder im Programm vorwärts bzw. rückwärts blättern.

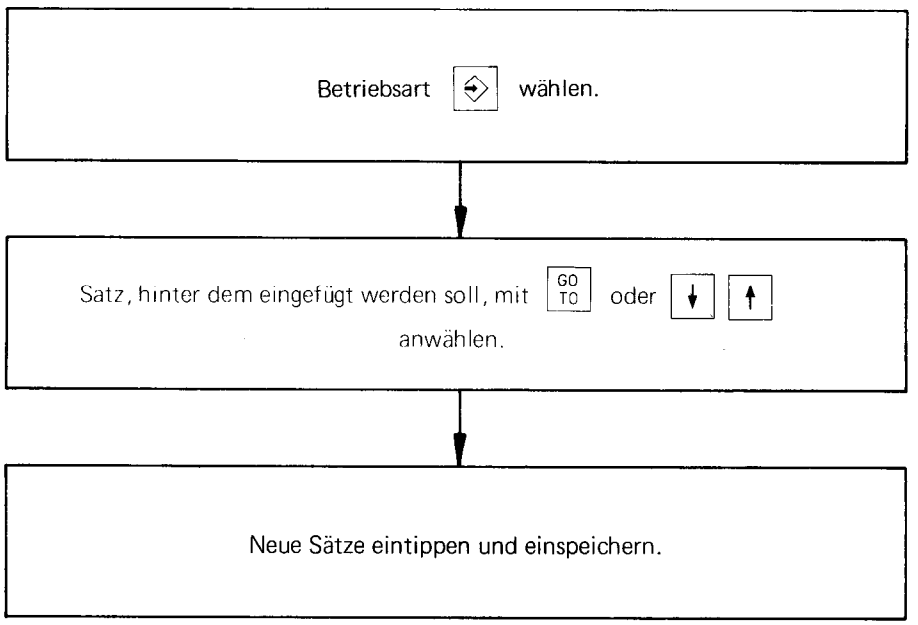
I 8.3) Löschen von Programmsätzen


Betriebsart wählen.
Nummer des zu löschenden Satzes bzw. den letzten Satz des zu löschenden Programmteils anwählen.
Satz bzw. Sätze mit DEL -Taste löschen.

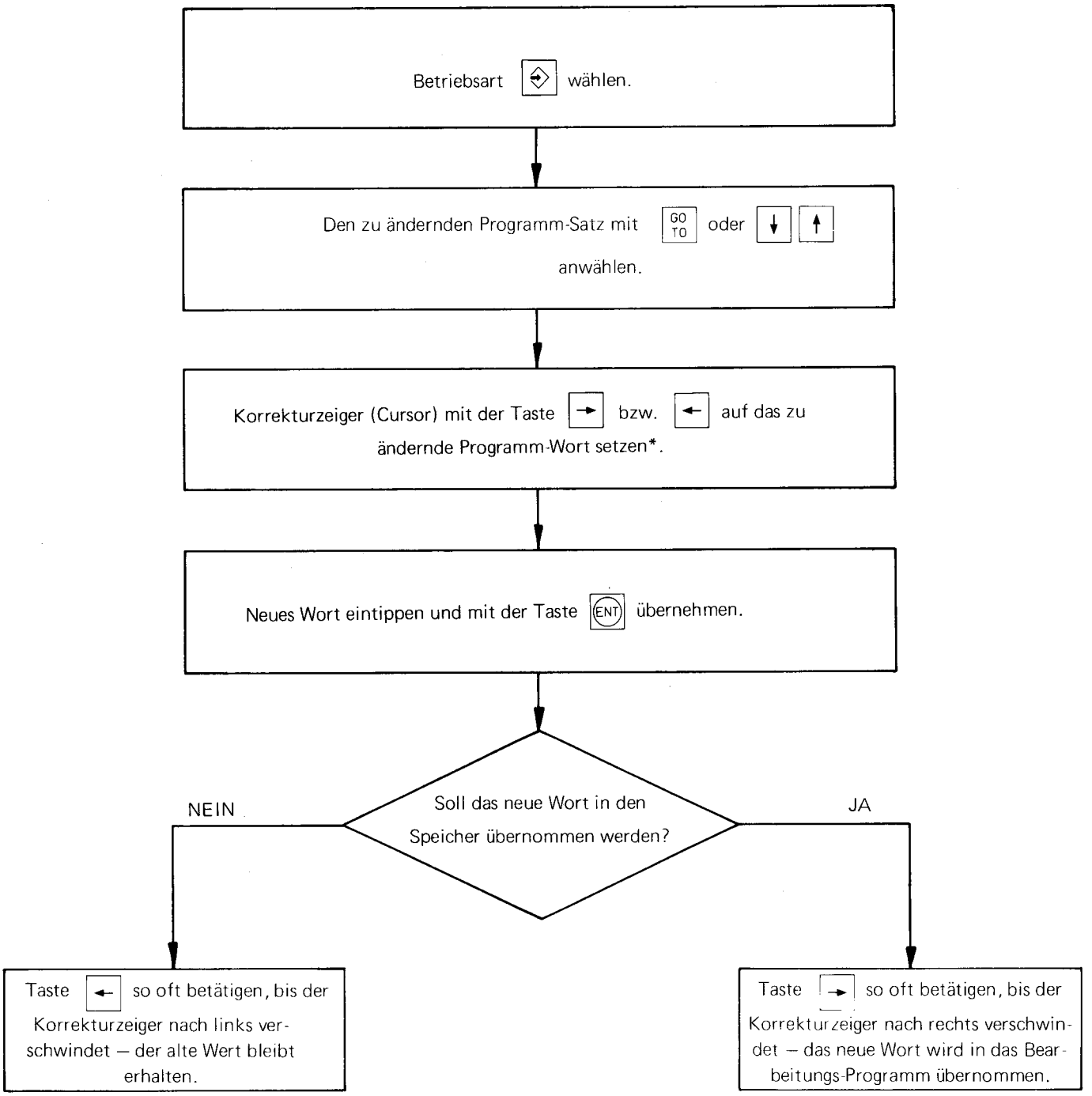
Zum Löschen von Werkzeug- bzw. Zyklus-Definitions-Sätzen ist die Taste DEL so oft zu drücken, wie Sätze in der Definition stehen.
Die Satznummern der folgenden Sätze werden automatisch korrigiert.

I 8.4) Einfügen von Programmsätzen in bestehende Programme

Bei der TNC 145 kann man neue Sätze an beliebiger Stelle in ein bestehendes Programm einfügen. Es muß lediglich der Satz angewählt werden, hinter dem eingefügt werden soll; der einzufügende Satz braucht dann nur eingegeben zu werden: die Satz-Nummer der folgenden Sätze wird automatisch korrigiert. Wird dabei die Speicherkapazität des Programmspeichers überschritten, so wird dies bei der Dialog-Eröffnung in der Dialog-Anzeige durch "PROGRAMMSPEICHER-UEBERLAUF" angezeigt.


Betriebsart wählen.
Satz, hinter dem eingefügt werden soll, mit GO TO oder
anwählen.
Neue Sätze eintippen und einspeichern.

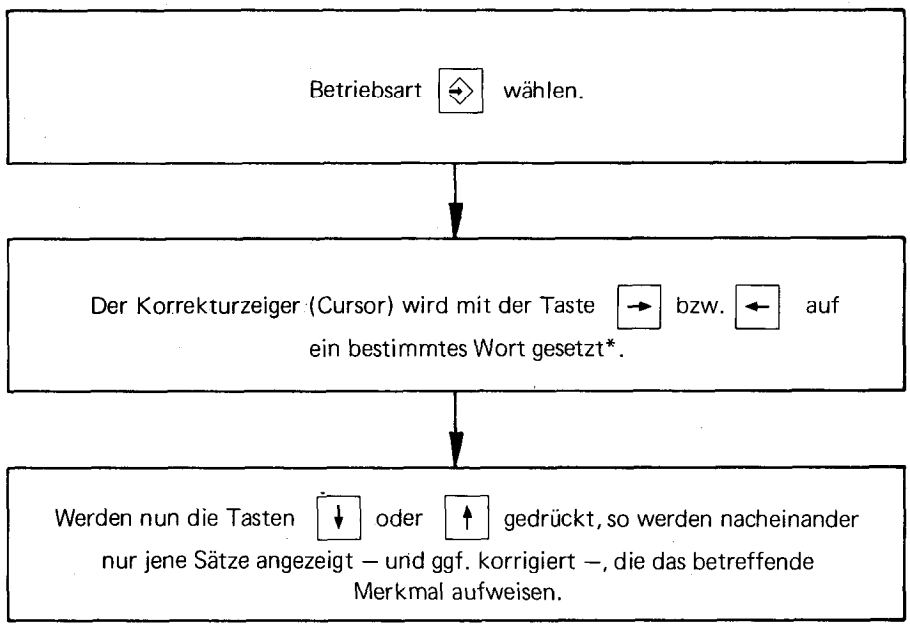
I 8.5) Korrektur von "Programm-Worten" innerhalb eines Satzes


Betriebsart wählen.
Den zu ändernden Programm-Satz mit GO TO oder ↓ ↑ anwählen.
Korrekturzeiger (Cursor) mit der Taste → bzw. ← auf das zu ändernde Programm-Wort setzen*.
Neues Wort eintippen und mit der Taste ENT übernehmen.
Soll das neue Wort in den Speicher übernommen werden?
NEIN
JA
Taste ← so oft betätigen, bis der Korrekturzeiger nach links verschwindet – der alte Wert bleibt erhalten.
Taste → so oft betätigen, bis der Korrekturzeiger nach rechts verschwindet – das neue Wort wird in das Bearbeitungs-Programm übernommen.

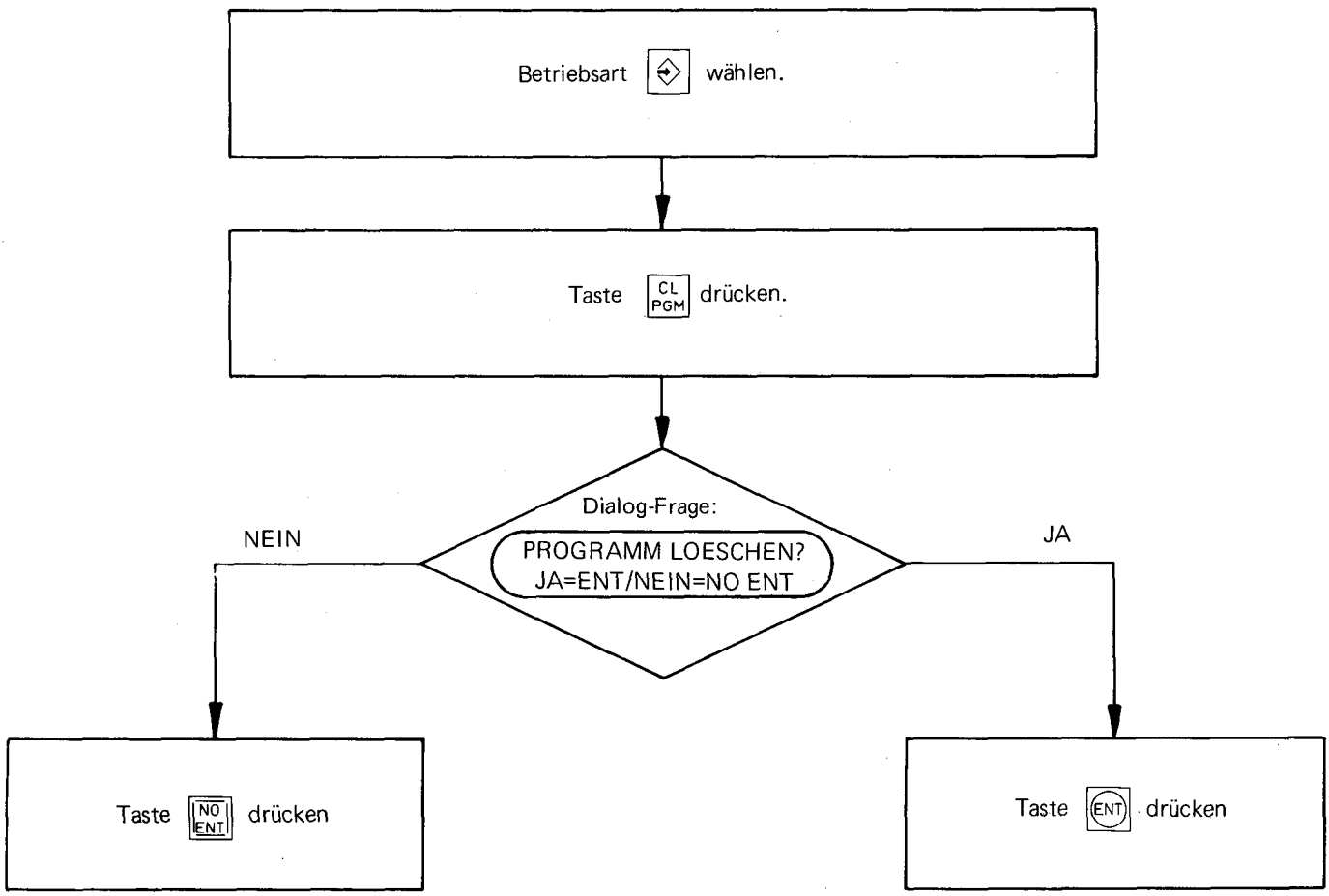
***Beachte:**
Das Setzen des Korrekturzeigers muß mit der Taste → begonnen werden!

Sonderfall:
Wird während der Programmierung eines Satzes die Taste ← gedrückt, dann wird das zuletzt eingegebene Wort gelöscht. Dadurch können Eingabe-Fehler sofort korrigiert werden. Ein Satz mit einem Eingabe-Fehler muß also nicht vollständig eingegeben und anschließend korrigiert werden.

I 8.6) Such-Routinen zum Auffinden bestimmter Zeichen


Betriebsart wählen.
Der Korrekturzeiger (Cursor) wird mit der Taste → bzw. ← auf ein bestimmtes Wort gesetzt*.
Werden nun die Tasten ↓ oder ↑ gedrückt, so werden nacheinander nur jene Sätze angezeigt – und ggf. korrigiert –, die das betreffende Merkmal aufweisen.

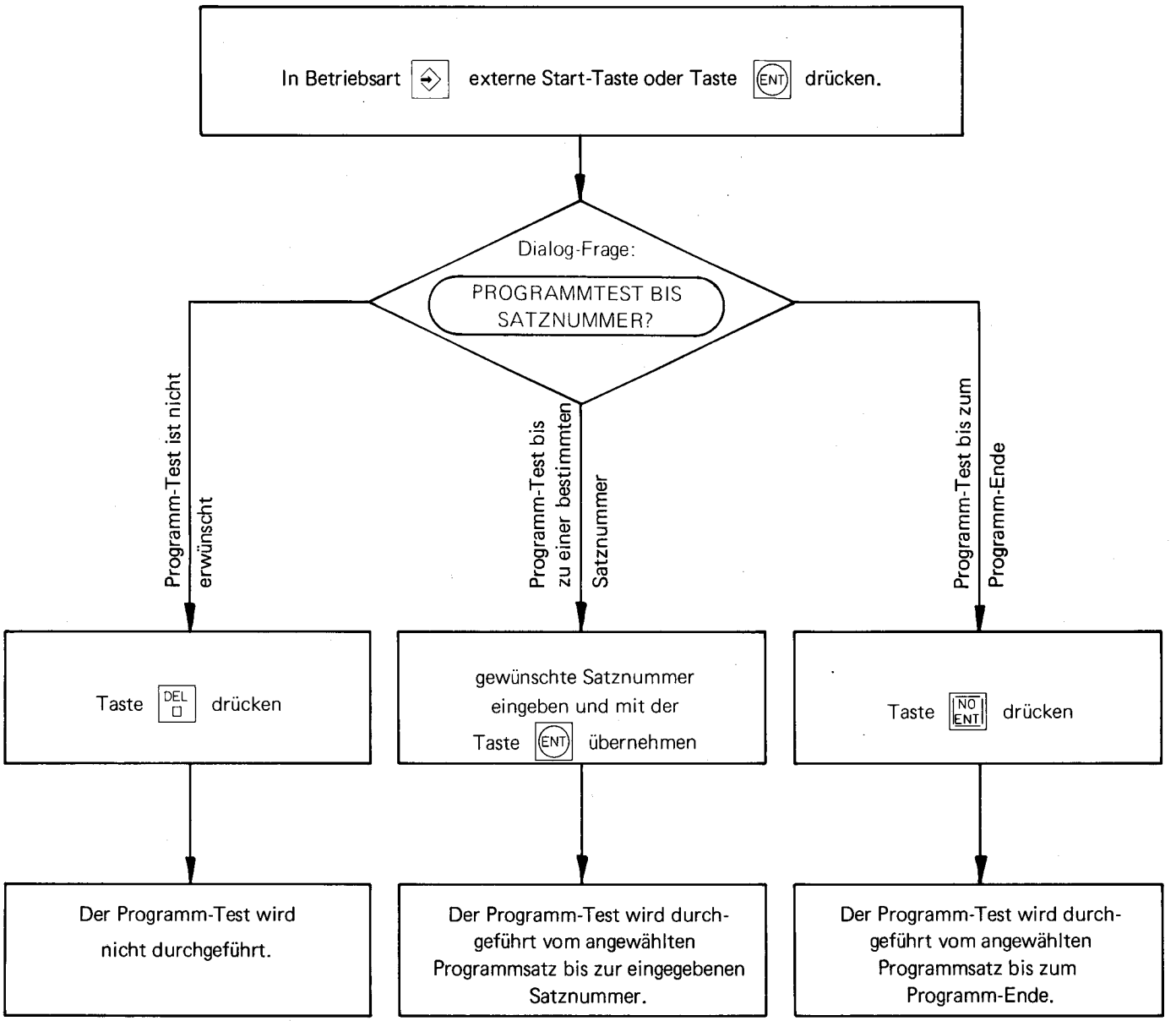
I 8.7) Löschen des Bearbeitungsprogramms



***Beachte:**
Das Setzen des Korrekturzeigers muß mit der Taste → begonnen werden!

I 8.8) Programm-Test ohne Maschinenbewegung

Ein eingespeichertes Bearbeitungsprogramm kann ohne Maschinenbewegung überprüft werden. Die Steuerung zeigt alle erkennbaren Fehler in der Dialog-Anzeige im Klartext an.


In Betriebsart externe Start-Taste oder Taste ENT drücken.
Dialog-Frage:
PROGRAMMTEST BIS SATZNUMMER?
Programm-Test ist nicht erwünscht
Programm-Test bis zu einer bestimmten Satznummer
Programm-Test bis zum Programm-Ende
Taste DEL drücken
gewünschte Satznummer eingeben und mit der Taste ENT übernehmen
Taste NO ENT drücken
Der Programm-Test wird nicht durchgeführt.
Der Programm-Test wird durchgeführt vom angewählten Programmsatz bis zur eingegebenen Satznummer.
Der Programm-Test wird durchgeführt vom angewählten Programmsatz bis zum Programm-Ende.

Der Programm-Test wird automatisch unterbrochen durch einen programmierten Halt, einen Leersatz oder eine Fehlermeldung.

Der Programm-Test kann an jeder gewünschten Stelle durch Drücken der internen STOP -Taste abgebrochen werden.

J) Externe Daten-Eingabe bzw. -Ausgabe EXT

J 1) Schnittstelle

Die Steuerung TNC 145 C besitzt eine Schnittstelle nach der

CCITT-Empfehlung V.24
bzw. EIA-Standard RS – 232 – C.

Dieser Daten-Eingang/-Ausgang ermöglicht den Anschluß einer HEIDENHAIN-Magnetband-Einheit ME 101 (Koffergerät) oder ME 102 (Einbaugerät).

Aber auch andere Programmier- bzw. Peripherie-Geräte (z.B. Lochstreifen-Stanzer, -Leser, Fernschreiber, Drucker) können an die TNC 145 C angeschlossen werden, falls sie einen V.24-kompatiblen Anschluß besitzen (Peripherie-Geräte mit einer 20 mA-Schnittstelle können nicht angeschlossen werden).

J 2) Die HEIDENHAIN-Magnetband-Einheiten ME 101 und ME 102

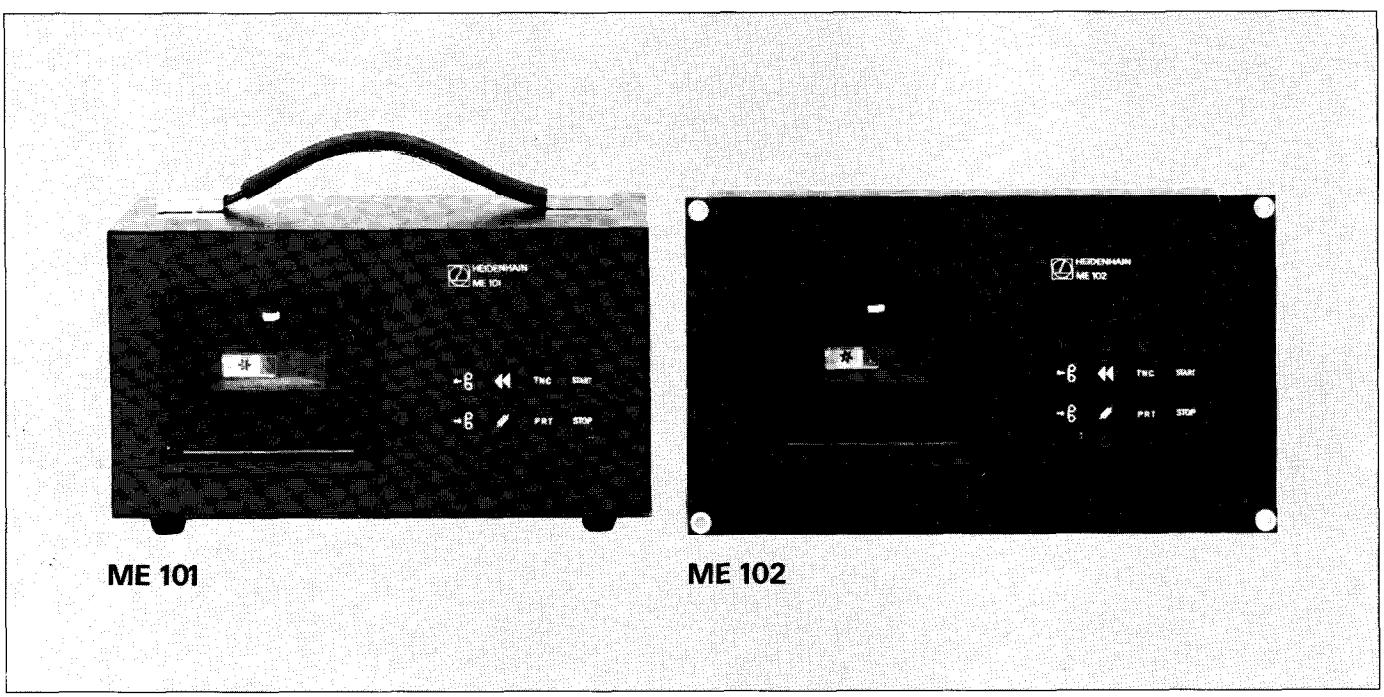
HEIDENHAIN liefert zur externen Datenspeicherung spezielle Magnetband-Einheiten:

ME 101 – tragbares Koffergerät zum wechselnden Einsatz an mehreren Maschinen,
ME 102 – Einbaugerät zum festen Einbau an der Maschine.

Die Magnetband-Einheiten ME 101 und ME 102 sind mit jeweils 2 Daten-Eingangs- und -Ausgangssteckern ausgerüstet:

Zusätzlich zur Steuerung TNC 145 C kann noch ein handelsübliches Peripherie-Gerät an den V.24 (RS–232–C) -Ausgang der ME angeschlossen werden (Anschlußbezeichnung PRT).

Die Daten-Übertragungsrate zwischen Steuerung und ME ist auf 2400 Baud festgelegt. Die Übertragungsrate zwischen ME und Peripherie-Gerät kann mit Hilfe eines Stufenschalters angepaßt werden (110, 150, 300, 600, 1200, 2400 Baud).
Genauere Informationen über die Bedienung der Magnetband-Einheiten können der Bedienungsanleitung für ME 101 und ME 102 entnommen werden.



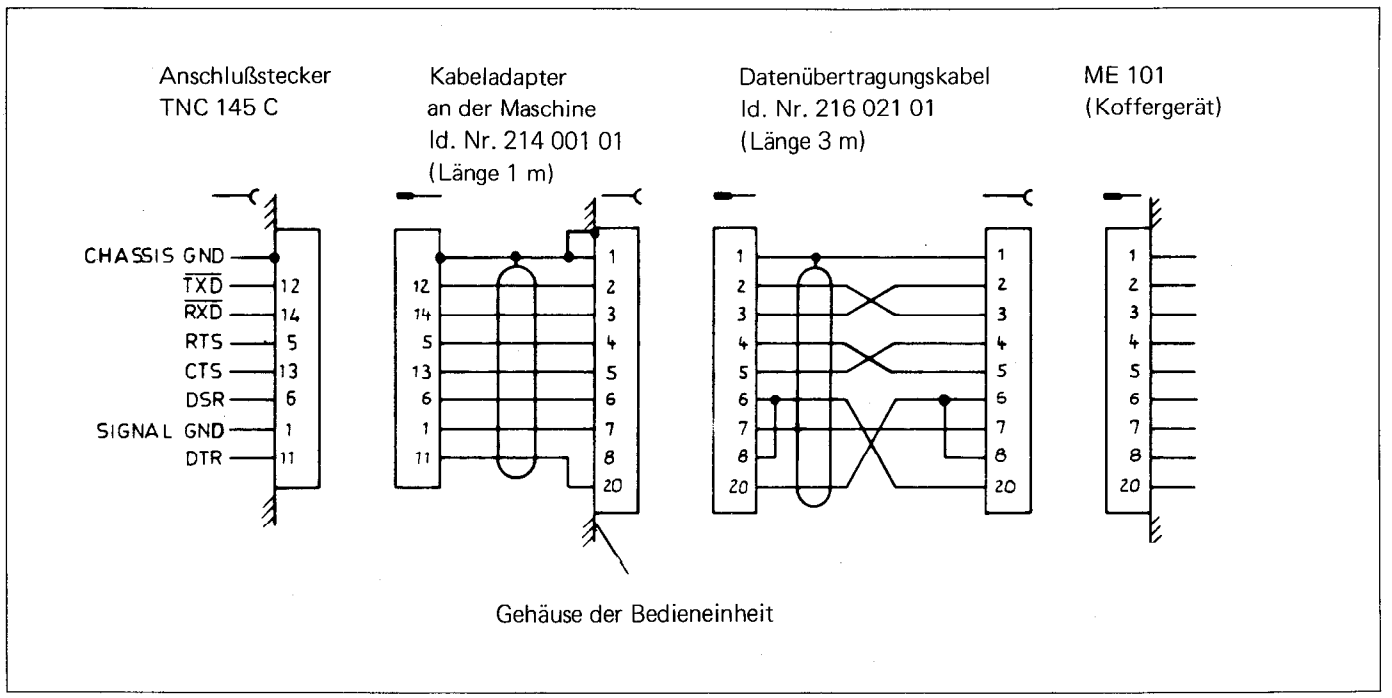
ME 101 ME 102

J 3) Anschlußkabel

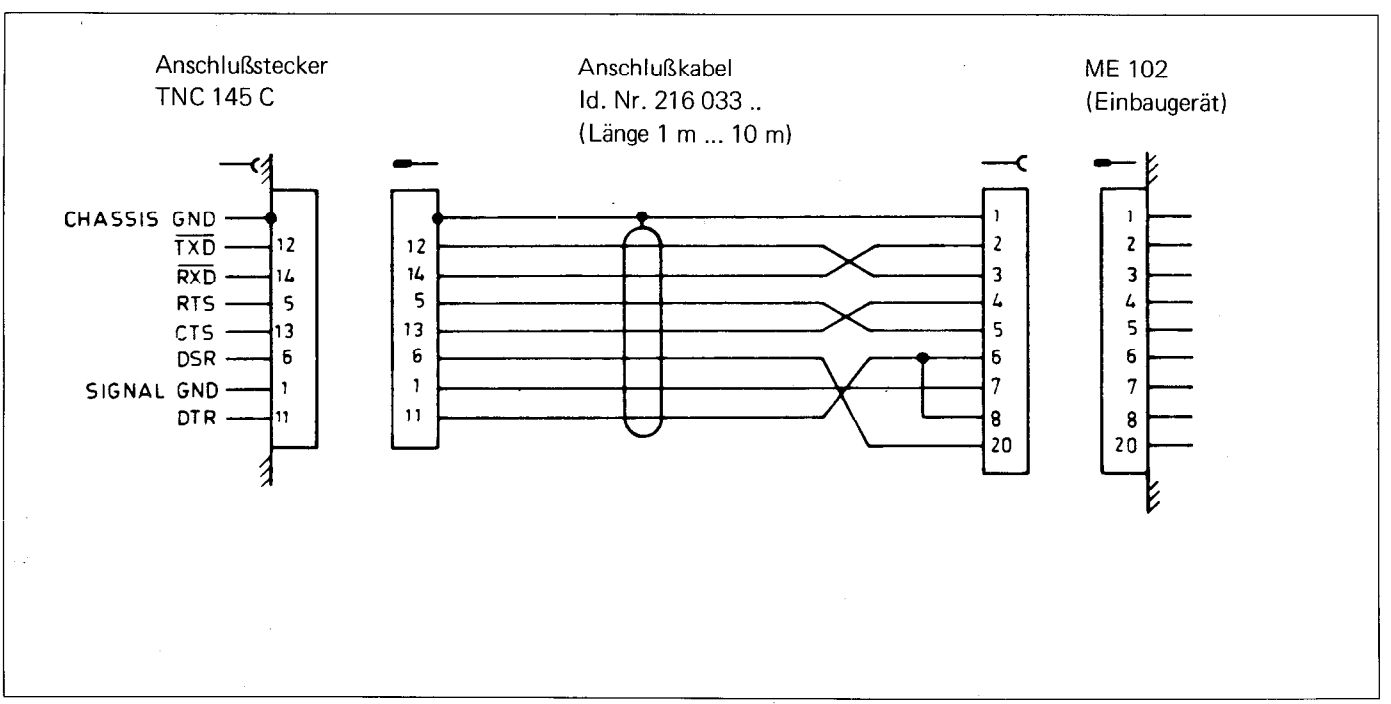
HEIDENHAIN liefert folgende Anschlußkabel:

a) Kabeladapter zur Herausführung des V.24-Anschlusses der TNC an das Gehäuse, in das die Steuerung eingesetzt wird (Bedieneinheit).

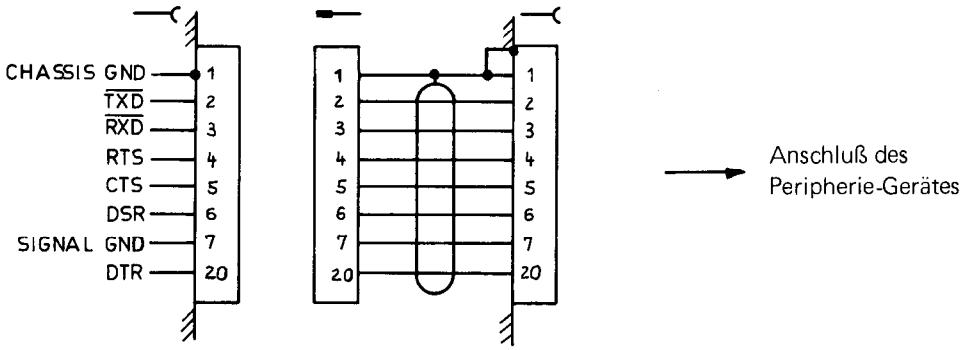
b) Daten-Übertragungskabel zum Anschluß der ME 101.



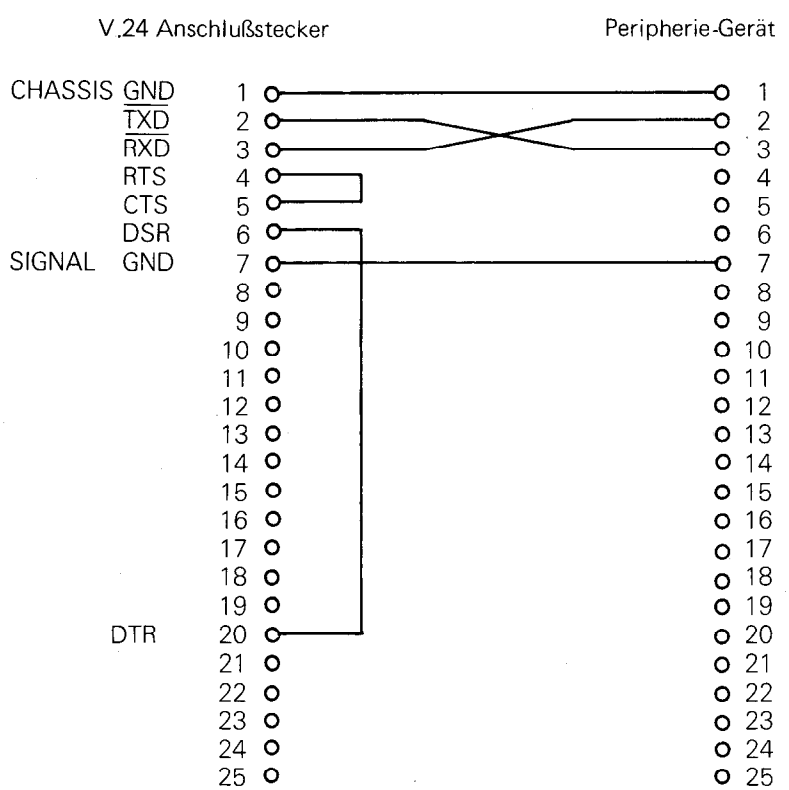
c) Anschlußkabel, mit dem die ME 102 (Einbaugerät) direkt an die TNC 145 C angeschlossen wird.



d) Verbindungskabel, zur Herausführung des V.24-Anschlusses der ME 102 (Einbaugerät) an das Gehäuse, in das die Steuerung und die ME 102 eingesetzt werden (Bedieneinheit).



Folgende **Steckerbelegung** hat sich **zum Anschluß** eines handelsüblichen **Peripherie-Gerätes** (z.B. Drucker mit Lochstreifenleser und -stanzer) bewährt.



Die Signal-Bezeichnungen haben folgende Bedeutung:

$\overline{\text{TXD}}$	Transmit data
$\overline{\text{RXD}}$	Receive data
RTS	Request to send
CTS	Clear to send
DSR	Data set ready
DTR	Data Terminal ready

Beachte:
Das Peripherie-Gerät muß auf Even-Parity eingestellt sein.

J 4) Eingabe der Baud-Rate

Die Übertragungs-Geschwindigkeit für die V.24-Schnittstelle der TNC 145 C ist automatisch auf 2400 Baud gesetzt – angepaßt an die HEIDENHAIN-Magnetband-Einheiten ME 101 und ME 102.

Soll an die TNC 145 C ein Peripheriegerät mit einer anderen Baud-Rate angeschlossen werden (ohne Zwischenschaltung der ME), so wird die Baud-Rate wie folgt angepaßt:

Zuerst auf die Betriebsart [ ] schalten!

Dialog-Eröffnung: Taste [EXT]

Dialog-Frage: BAUD-RATE = ... ?

Falls erforderlich, neue Baud-Rate eintippen (110, 150, 300, 600, 1200 oder 2400 Baud) und mit [ENT] in den Speicher übernehmen.

Soll die Baud-Rate nur angezeigt werden (zur Kontrolle), so ist – nach der Dialog-Eröffnung durch [EXT]-Taste – die Anzeige mit der [NO ENT]-Taste oder mit der [DEL □]-Taste zu löschen.

Bei Abschaltung der Steuerung mit entladener oder fehlender Pufferbatterie wird die programmierte Übertragungsrate gelöscht und bei der Wieder-Inbetriebnahme automatisch auf 2400 Baud gesetzt.

J 5) Bedienungsablauf bei der Daten-Übertragung

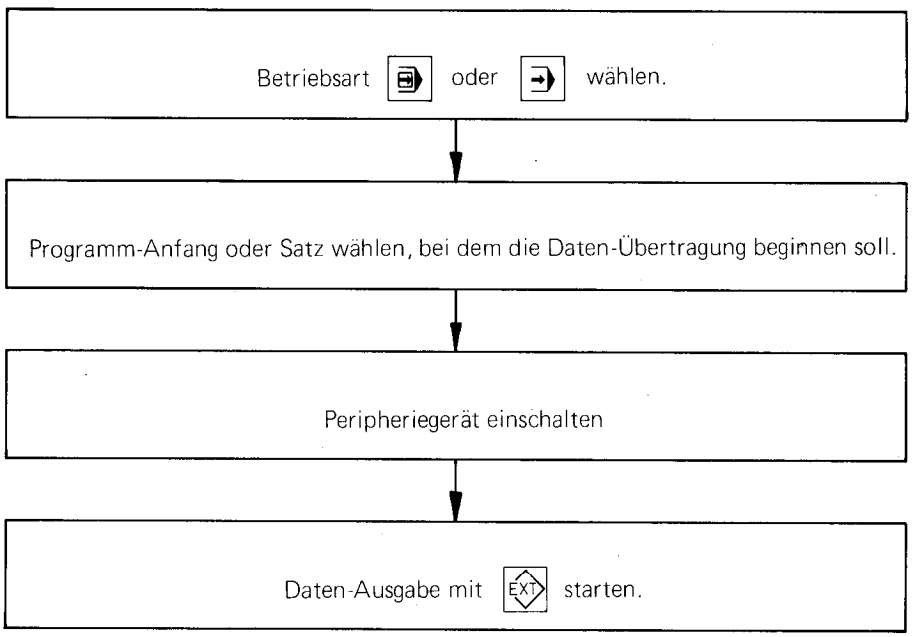
Daten-Ausgabe auf Drucker, Lochstreifen-Stanzer bzw. Magnetband-Einheiten ME 101/ME 102.

Die TNC 145 C gibt automatisch folgende Befehle aus (für zeilenweisen Ausdruck):

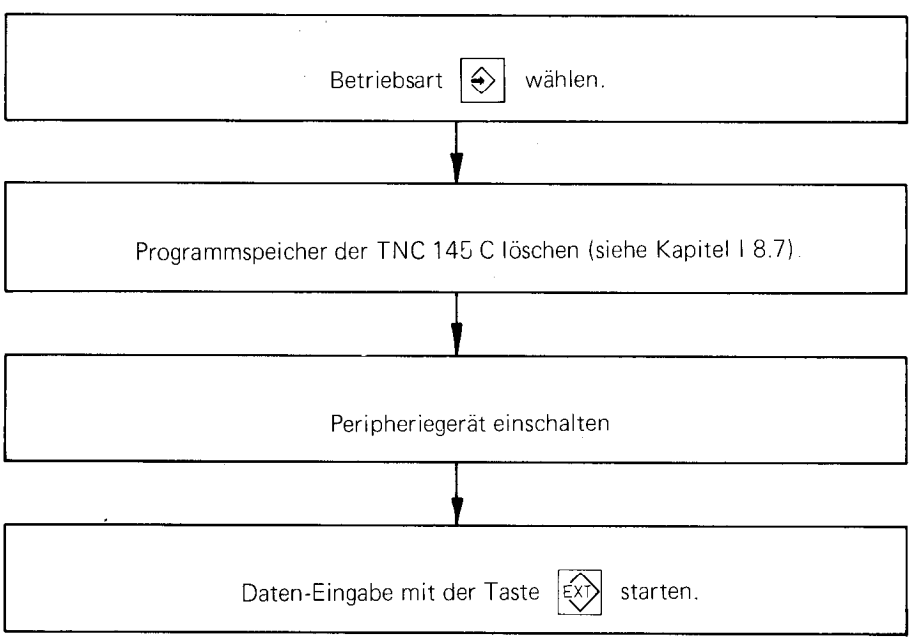
CR Wagenrücklauf
LF Zeilenvorschub
SP Zwischenraum
ETX Textende.

Bei Programm-Speicherung auf einem Lochstreifen-Stanzer enthält der Lochstreifen diese Zeichen, bei der Speicherung per ME 101/ME 102 sind sie auf dem Magnetband vorhanden.

Start der Daten-Ausgabe


Betriebsart oder wählen.
Programm-Anfang oder Satz wählen, bei dem die Daten-Übertragung beginnen soll.
Peripheriegerät einschalten
Daten-Ausgabe mit EXT starten.

Externe Eingabe eines Bearbeitungsprogramms
Vor Programm-Eingabe in die TNC den Programmspeicher löschen:
Bei der externen Eingabe werden die Programmsätze durch die neuen Informationen überschrieben, und es wäre sonst möglich, daß kurze Programmreste des "alten" Programms gespeichert bleiben.


Betriebsart wählen.
Programmspeicher der TNC 145 C löschen (siehe Kapitel I 8.7).
Peripheriegerät einschalten
Daten-Eingabe mit der Taste EXT starten.

Beachte:
Wird ein Programm mit der HEIDENHAIN Magnetband-Einheit aus- bzw. eingelesen, welches die Kapazität einer Bandseite überschreitet, so erscheint in der Dialog-Anzeige die Meldung "KASSETTE WECHSELN – ME STARTEN". Nach dem Wechsel der Kassette und dem Starten der ME werden die restlichen Programmsätze aus- bzw. eingelesen (nur in Verbindung mit einer ME mit Progr.-Nr. 212 902 07).

J 6) Externe Programm-Erstellung auf einem Terminal

Bei der Entwicklung der HEIDENHAIN-Steuerung TNC 145 C wurde auf bedienerfreundliche Programmierung großer Wert gelegt; deshalb weicht die Programmierung von der Norm (DIN 66025) ab (z.B. brauchen keine G-Funktionen programmiert zu werden). Trotzdem können Bearbeitungsprogramme auch extern – z.B. auf einem Terminal mit Lochstreifen-Stanzer – erstellt werden, um die Stillstandszeiten der Werkzeugmaschine während der Programm-Erstellung zu vermeiden.

Dabei auf folgende Punkte achten:

a) Ein Programm muß mit dem Zeichen CR (Wagenrücklauf) und LF (Zeilenvorschub) begonnen werden. Beide Zeichen müssen **vor** dem ersten Satz stehen, sonst wird dieser bei der Programm-Eingabe überlesen.

b) Jeder Programmsatz muß mit CR und LF abgeschlossen werden.

c) Nach dem letzten Programmsatz ist ETX (Control C) einzugeben.

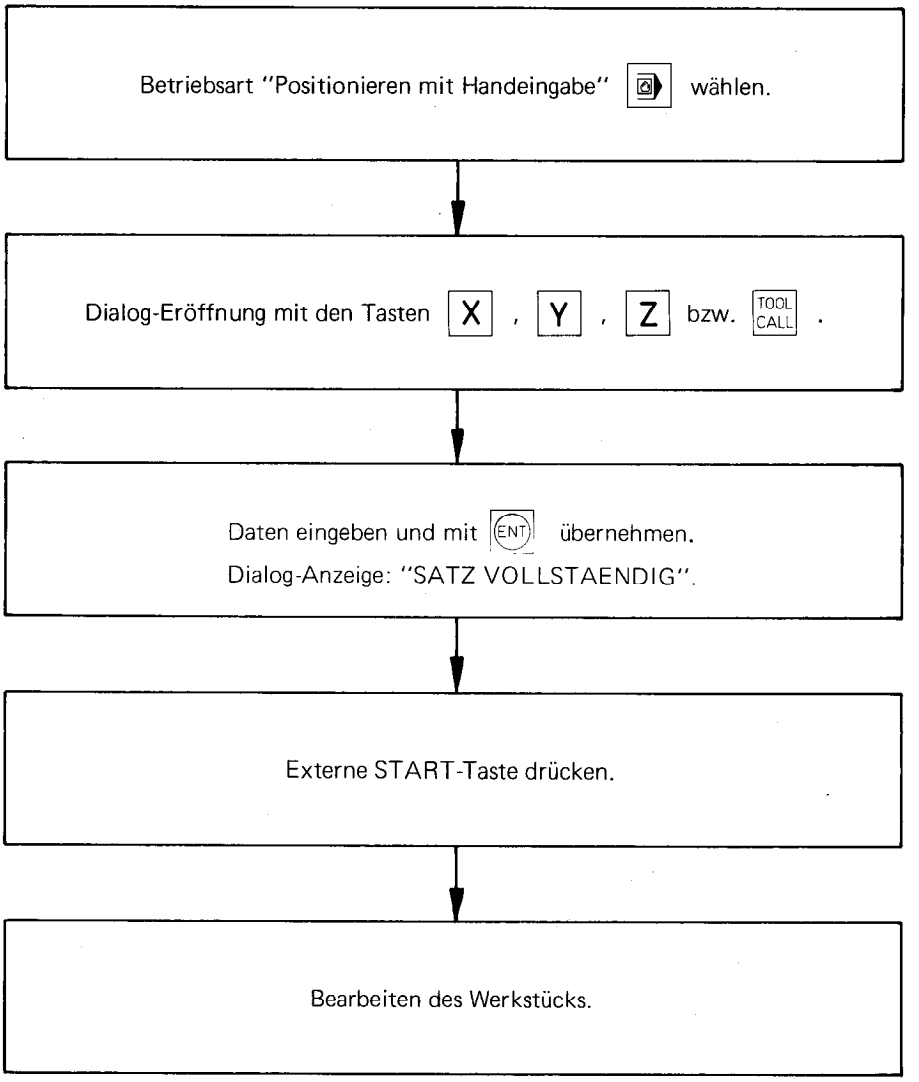
d) Jeder Satz muß die gesamte Information enthalten, die bei der Erstellung eines Programms durch Handeingabe von der Dialog-Anzeige abgefragt wird.

e) Die Anzahl der Leerstellen zwischen den Zeichen darf beliebig gewählt werden.

f) Um Datenübertragungs-Fehler erkennen zu können, führt die TNC 145 C eine Prüfung auf "Even Parity" durch. Deshalb muß das externe Programmiergerät auf "Even Parity" geschaltet sein.

Weitere Informationen über die V.24-Schnittstelle und die externe Programmierung können den folgenden Beschreibungen entnommen werden:
"Information zur Datenschnittstelle V.24"
"Satz-Formate für die Steuerung HEIDENHAIN TNC 145"
Bei Bedarf bitte anfordern!

K) Positionieren mit Handeingabe (Einzelsatz-Steuern)


Betriebsart "Positionieren mit Handeingabe" wählen.
Dialog-Eröffnung mit den Tasten X , Y , Z bzw. TOOL CALL .
Daten eingeben und mit ENT übernehmen.
Dialog-Anzeige: "SATZ VOLLSTAENDIG".
Externe START-Taste drücken.
Bearbeiten des Werkstücks.

Der programmierte Vorschub kann entweder a) über das Override-Potentiometer der Steuerung oder
b) über ein externes Potentiometer
verändert werden, je nachdem wie die Steuerung an die Maschine angepaßt wurde.

Beachte:
Wenn ein Satz im Kettenmaß programmiert wurde, kann er beliebig oft mit der externen START-Taste gestartet werden.

Ein **Werkzeug-Aufruf** kann nur wirksam werden, wenn

.das Werkzeug vorher definiert wurde, d.h. die Korrekturwerte (Länge und Radius) in den **Programmspeicher** eingegeben wurden,

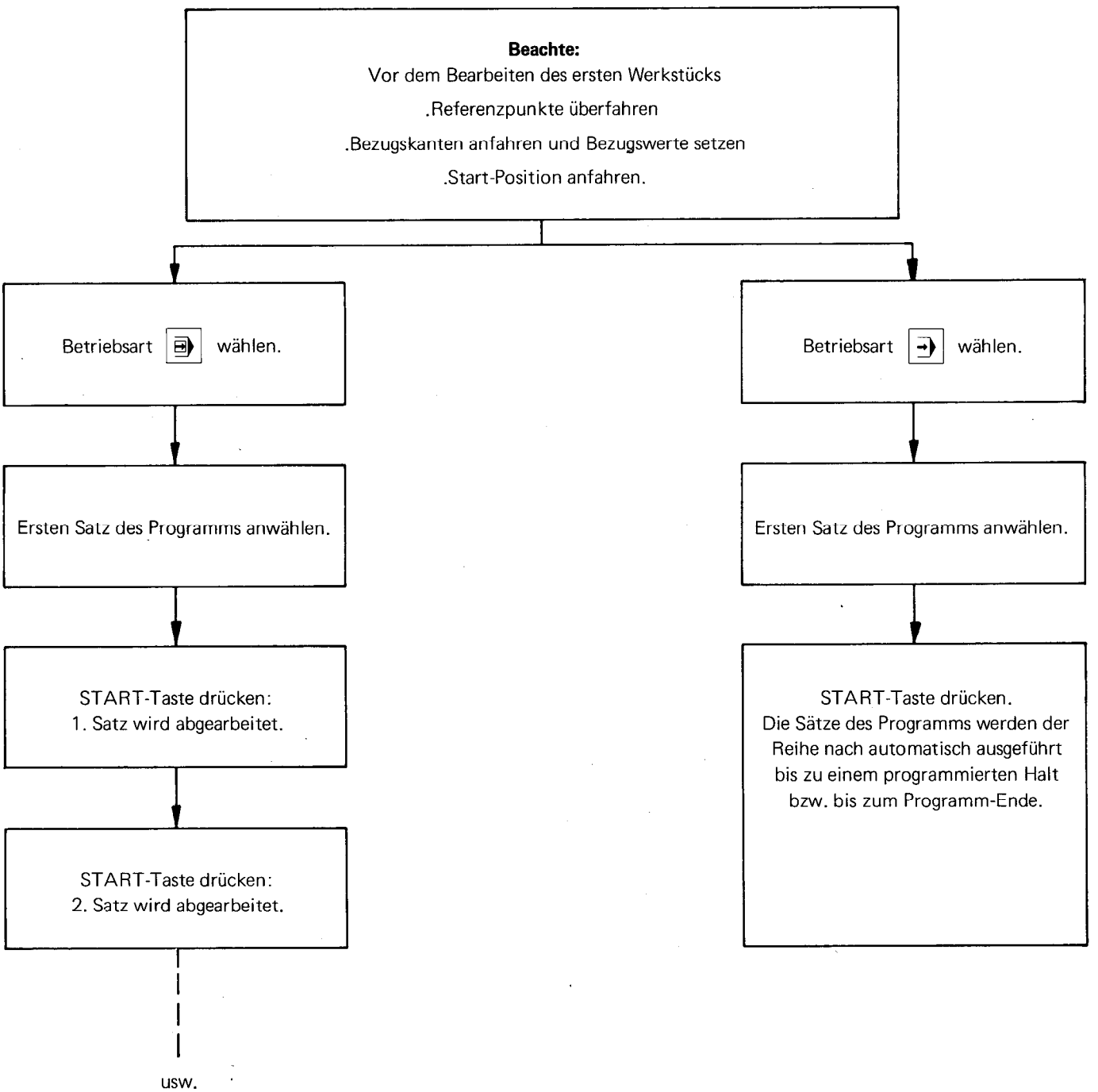
.in der Betriebsart der Werkzeug-Aufruf mit der externen START-Taste wirksam gemacht wurde.

Das Unterbrechen eines Positioniersatzes erfolgt wie in Kapitel L 2 für den automatischen Programmlauf beschrieben mit der externen STOP und internen STOP -Taste.

L) Automatischer Programmlauf

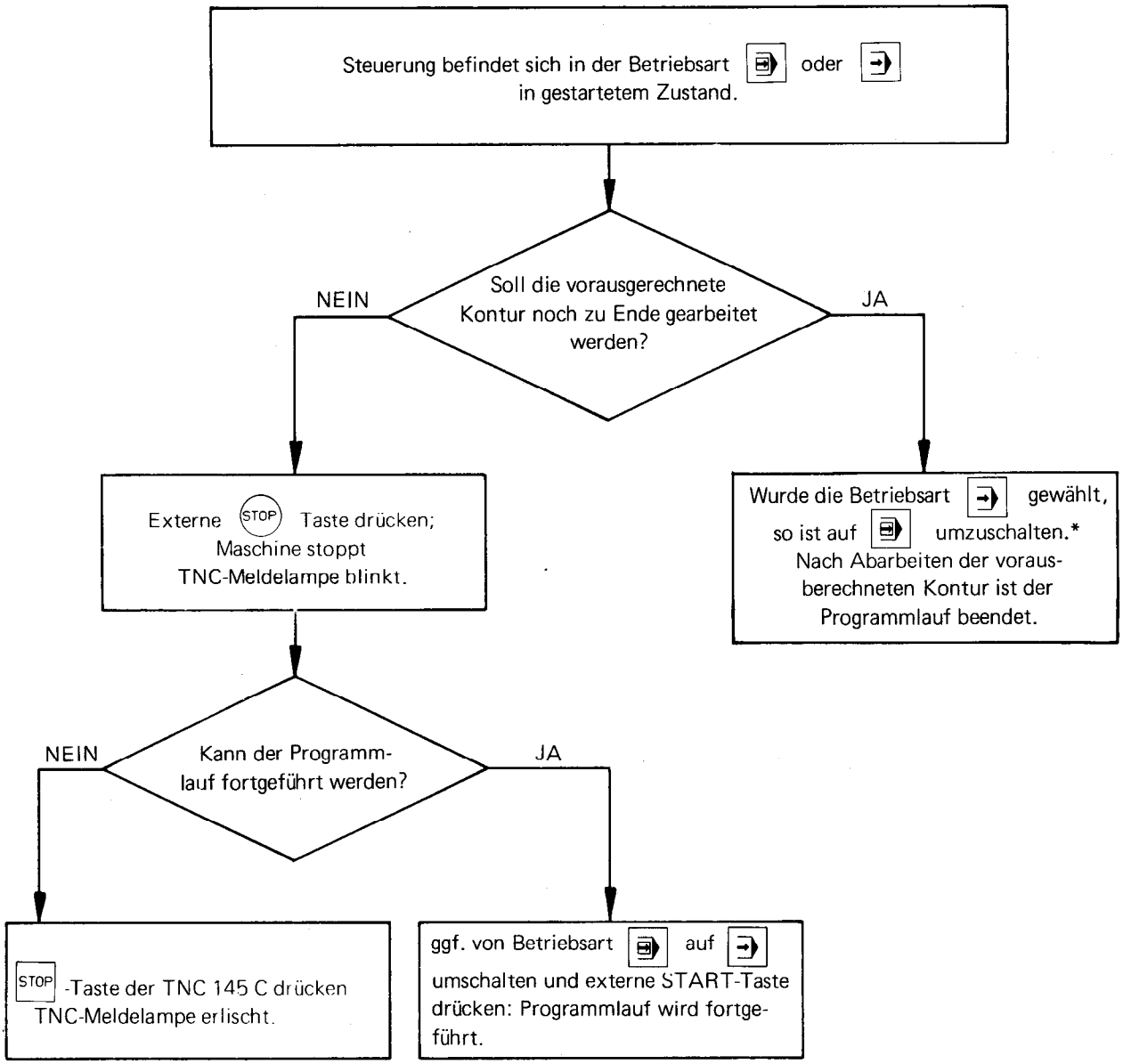
In den Betriebsarten "Einzelsatz-Programmlauf" und "Satzfolge-Programmlauf" werden gespeicherte Programme ausgeführt.

L 1) Start eines Programmlaufs


Beachte:
Vor dem Bearbeiten des ersten Werkstücks
.Referenzpunkte überfahren
.Bezugskanten anfahren und Bezugswerte setzen
.Start-Position anfahren.
Betriebsart wählen.
Ersten Satz des Programms anwählen.
START-Taste drücken:
1. Satz wird abgearbeitet.
START-Taste drücken:
2. Satz wird abgearbeitet.
usw.
Betriebsart wählen.
Ersten Satz des Programms anwählen.
START-Taste drücken.
Die Sätze des Programms werden der Reihe nach automatisch ausgeführt bis zu einem programmierten Halt bzw. bis zum Programm-Ende.

Der programmierte Vorschub kann entweder a) über das Override-Potentiometer der Steuerung oder
b) über ein externes Potentiometer
verändert werden, je nachdem wie die Steuerung an die Maschine angepaßt wurde.

L 2) Unterbrechen eines Programmlaufs


Steuerung befindet sich in der Betriebsart oder in gestartetem Zustand.
Soll die vorausgerechnete Kontur noch zu Ende gearbeitet werden?
NEIN
JA
Externe STOP Taste drücken; Maschine stoppt TNC-Meldelampe blinkt.
Wurde die Betriebsart gewählt, so ist auf umzuschalten.* Nach Abarbeiten der vorausberechneten Kontur ist der Programmlauf beendet.
Kann der Programmlauf fortgeführt werden?
NEIN
JA
STOP -Taste der TNC 145 C drücken TNC-Meldelampe erlischt.
ggf. von Betriebsart auf umschalten und externe START-Taste drücken: Programmlauf wird fortgeführt.

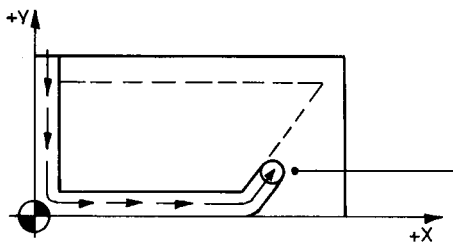
***Beachte:**
Bei einem Unterprogramm-Aufruf und bei einer Programmteil-Wiederholung stoppt der Programmlauf erst nach Abarbeiten des Aufrufes bzw. der Wiederholungen.

L 3) Wiedereintritt in ein unterbrochenes Programm

Wird der automatische Programmlauf unterbrochen und auf die Betriebsart "Manuell" umgeschaltet – z.B. bei einem Werkzeugbruch oder um eine Messung am Werkstück durchzuführen – so speichert die Steuerung folgende Daten:

.das zuletzt aufgerufene Werkzeug
.die abgearbeiteten Spiegelungen und Nullpunkt-Verschiebungen
.die Absolutwerte der Nullpunkt-Verschiebungen in den drei Achsen
.den letzten Kreismittelpunkt CC im Absolutmaß
.den zuletzt definierten Arbeitszyklus
.den aktuellen Stand bei Programmteil-Wiederholungen
.die Rücksprungadresse bei Unterprogrammen

Unterbrechen eines automatischen Programmlaufs und Wiedereintritt in das unterbrochene Programm:



Der automatische Programmlauf soll hier unterbrochen werden, z.B. um das Werkzeug zu wechseln.

Externe (STOP) -Taste und [STOP] -Taste der TNC drücken (siehe Kapitel L 2).

Falls die Werkzeugdaten (Länge und Radius) nicht geändert werden: Positionswerte der Achsen X, Y und Z von den Istwert-Anzeigen ablesen und aufschreiben! Aktuelle Satznummer notieren!

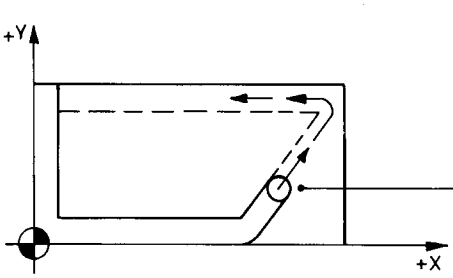
In der Betriebsart [Handrad], [Handrad], oder [Positionieren mit Handeingabe] zuerst die Werkzeugachse Z und ggf. anschließend die Achsen X und Y auf die Werkzeugwechsel-Position fahren und die Hauptspindel und das Kühlmittel ausschalten.

Neues Werkzeug einsetzen.

Falls die Werkzeugdaten geändert werden müssen:
mit der Taste [GO TO] in Betriebsart [Programmieren] die betreffende Werkzeug-Definition anwählen und die neuen Werkzeug-Daten eingeben.
Den unterbrochenen Satz mit der Taste [GO TO] wieder anwählen.
Wird in einem Unterprogramm oder in einer Programmteil-Wiederholung unterbrochen, vorher den anschließenden Abschnitt "Beachte" lesen.

Hauptspindel und Kühlmittel wieder einschalten.
.Die Werkzeugdaten wurden nicht geändert:
in Betriebsart [Positionieren mit Handeingabe] zuerst die Achsen X und Y und schließlich die Z-Achse auf die verlassene Position fahren.
.Die Werkzeugdaten wurden geändert:
mit dem neuen Werkzeug an die Kontur fahren und ankratzen.

Programmlauf in Betriebsart [Einzelsatz] oder [Programmlauf] starten.



Der Programmlauf wird wieder mit vollständiger Werkzeugkorrektur fortgesetzt.

Beachte:
Beim Unterbrechen des Programmlaufs ist auf folgende Punkte zu achten:

a) Wird in einem Unterprogramm oder in einer Programmteil-Wiederholung unterbrochen und anschließend ein Programmsatz mit der Taste GO TO angewählt, so wird der Zähler für die Programmteil-Wiederholung zurückgesetzt; bei Unterprogrammen wird die Rücksprungadresse gelöscht. Soll der Zähler bzw. die Rücksprungadresse erhalten bleiben, dann dürfen Programmsätze nur mit den Tasten ↓ und ↑ angewählt werden.

b) wird nach dem Abbrechen des Programmlaufs mit den Tasten ↓ und ↑ im Programm "geblättert" und anschließend das Programm nicht bei dem Satz gestartet bei dem unterbrochen wurde, erscheint die Fehlermeldung:

AKTUELLER SATZ NICHT ANGEWÄHLT

Der Programmlauf kann fortgesetzt werden:

.nach dem Anwählen des Satzes bei dem unterbrochen wurde mit den Tasten ↓ und ↑.
.nach dem Anwählen eines beliebigen Satzes mit der Taste GO TO ; dabei wird jedoch der Zähler für Programmteil-Wiederholungen zurückgesetzt bzw. bei Unterprogrammen die Rücksprungadresse gelöscht.

c) Wird nach dem Unterbrechen des Programmlaufs ein Satz eingefügt oder gelöscht, so wird die letzte Zyklus-Definition und die zugehörige Anzeige im Bildschirm gelöscht. Bei erneutem Start des Programmlaufs muß die gewünschte Zyklus-Definition vor dem nächsten Zyklus-Aufruf abgearbeitet werden, sonst erscheint die Fehlermeldung:

CYCL UNVOLLSTÄNDIG

Das Anwählen der Zyklus-Definition muß mit der Taste GO TO erfolgen; dabei wird jedoch der Zähler für Programmteil-Wiederholungen zurückgesetzt bzw. bei Unterprogrammen die Rücksprungadresse gelöscht.

d) wird bei einem
.korrigierten inkrementalen Satz oder
.Linearsatz mit einer Koordinate oder
.in einem Zyklus
der Programmlauf unterbrochen und wieder gestartet, dann erscheint die Fehlermeldung:

PROGRAMM-START UNDEFINIERT

Das Programm ist entsprechend zu ändern, oder ein vorhergehender Programmsatz ist mit der Taste GO TO anzuwählen – dabei wird jedoch der Zähler für die Programmteil-Wiederholungen zurückgesetzt bzw. bei Unterprogrammen die Rücksprungadresse gelöscht.

e) steht beim Anfahren der Kontur das Werkzeug nicht auf der verlassenen Position, so betrachtet die TNC den Positions-Istwert beim Start des Programmlaufs als korrigierte Position. Das Anfahren der Kontur erfolgt dann wie in Kapitel I 4.6.1 (Fall 2) beschrieben.

L 4) Abfahren des Programms ohne Werkzeug

Für die Überprüfung eines Programms ohne Werkzeug sind sämtliche Werkzeug-Aufrufsätze im Programm auf die Werkzeug-Nummer 0 (= kein Werkzeug) zu ändern. Dabei ist es vorteilhaft, sich vorher die Satznummer der Werkzeug-Aufrufe zu notieren (bzw. die Satznummer eines Werkzeug-Aufrufs zu notieren und die übrigen Werkzeug-Aufrufsätze dann mit Hilfe der Suchroutine zum Auffinden der Werkzeug-Nummer zu ermitteln).

Beim anschließenden Abfahren des Programms mit der Maschine geben die Istwert-Anzeigen jeweils die absoluten Werte der programmierten Positionen (Zeichnungsmaße) ohne Werkzeug-Korrekturen an.

Nach einer derartigen Überprüfung sind sämtliche Werkzeug-Aufrufsätze wieder auf die betreffenden Werkzeug-Nummern zu ändern!

M) Technische Daten

M 1) Technische Daten, allgemein

Steuerungsart	Werkstattprogrammierbare Bahnsteuerung (2 1/2 D) für 3 Achsen.
Bedienerführung und Anzeigen	Bildschirm (9 Zoll) mit maximal 14 x 32 Zeichen: Klartext-Dialoge und Fehlermeldungen (in verschiedenen Sprachen), Anzeige des aktuellen Programmsatzes sowie des vorhergehenden und der beiden nachfolgenden Programmsätze; Anzeige des zuletzt aufgerufenen Werkzeugs, des zuletzt aufgerufenen Bearbeitungszyklus, der Absolutwerte der Nullpunkt-Verschiebungen, der Koordinaten des Kreismittelpunktes CC im Absolutmaß und Status-Anzeige für die Zyklen Nullpunkt-Verschiebung und Spiegeln. Zusätzlich Anzeigen für Positions-Istwerte X, Y, Z und für Eingabewerte.
Programmspeicher	Gepufferter Halbleiterspeicher für 1000 Programmsätze und für die Maschinenparameter
Betriebsarten	Handbetrieb: die Steuerung arbeitet als numerische Positionsanzeige. Steuern mit Einzelsatz-Eingabe: jeder Positioniersatz wird nach der Eingabe abgearbeitet; der Satz wird nicht gespeichert. Programmgesteuerter Betrieb/Einzelsatz: das eingegebene Programm wird Satz für Satz nach Tastendruck abgearbeitet. Programmierter Betrieb/Satzfolge: das Programm wird durch Tastendruck gestartet und bis zu einem programmierten Halt oder dem Programm-Ende abgearbeitet. Programmeingabe: bei **Linear- oder Zirkular-Interpolation** von Hand: bei stehender Maschine nach Programm-Liste oder Werkstück-Zeichnung oder extern: über die V.24-kompatible Daten-Schnittstelle (z.B. per Magnetband-Einheit ME 101/102 von HEIDENHAIN oder über sonstige handelsübliche Peripherie-Geräte). bei **achsparallelem Betrieb** zusätzlich durch Übernahme der jeweiligen Positionswerte (Istwerte) bei der konventionellen Bearbeitung eines Werkstücks (Play-Back).

Programmierbare Funktionen	Positions-Sollwerte – Absolutmaße oder Kettenmaße, Eingabe in rechtwinkeligen Koordinaten oder in Polarkoordinaten; Gerade (2 1/2 D), Kreisbogen, Runden von Ecken aus Geraden- oder Kreisstücken, tangentiales Anfahren einer Kontur in einem vorgegebenen Punkt auf einem Kreis, 3 D-Gerade, jedoch ohne Werkzeugradius-Korrektur; Werkzeugnummern, Werkzeuglänge und Werkzeugradius; Richtung für Werkzeugradius-Korrektur; Eilgang/Vorschub (in mm/min. oder 0,1 Zoll/min.), Zusatzfunktionen M 00 ... M 99, Spindeldrehzahlen (2 Dekaden BCD), programmierter Halt, Unterprogramme (8 x schachtelbar), Programmteil-Wiederholungen.
Bearbeitungszyklen	Tiefbohren, Gewindebohren, Nutenfräsen, Rechtecktaschen-Fräsen, Kreistaschen-Fräsen, Spiegeln, Nullpunkt-Verschiebung, Verweilzeit.
Programm-Korrekturen (Editing)	Durch Ändern von Programm-Worten, Einfügen von Programmsätzen, Löschen von Programmsätzen; Suchroutine zum Aufsuchen von Programmsätzen mit bestimmten Merkmalen.
Sicherheits-Überwachung	Die Steuerung überprüft die Funktion wichtiger elektronischer Baugruppen sowie die Positioniersysteme, die Wegmeßsysteme, den Spindel-Stillstand und den NOT-AUS-Kreis. Wird bei diesen Überwachungen ein Fehler festgestellt, so erfolgt Klartext-Störungsmeldung und die Maschine wird über NOT-AUS abgeschaltet.
Referenzmarken-Auswertung	Nach Stromunterbrechung automatische Referenzwert-Übernahme mit dem Überfahren der Wegmeßsystem-Referenzmarken.
Max. Verfahrgeschwindigkeit	10 m/min.
Vorschub- und Eilgang-Override	Potentiometer auf der Bedientafel der Steuerung oder ggf. auf der Maschinen-Bedientafel
Wegmeßsysteme	Inkrementale HEIDENHAIN-Längenmeßsysteme oder -Drehgeber, Teilungsperiode 0,02 mm 0,01 mm oder 0,1 mm (siehe Kapitel M 2).

Steuerungs-Eingänge	Wegmeßsysteme X, Y, Z 1 elektronisches Handrad, Start, Stop, Eilgang, Rückmeldung "Zusatzfunktion ausgeführt", Vorschub-Freigabe, manuelle Betätigung (öffnet Lageregelkreis), Rückmeldung NOT-AUS-Test, je 1 Eingang Referenz-Endlage für X, Y, Z, je 1 Eingang Referenzimpuls-Sperre für X, Y, Z.
Steuerungs-Ausgänge	Je 1 Analogausgang für X, Y, Z, Achsfreigabe X, Y, Z, M-Änderungssignal, S-Änderungssignal, T-Änderungssignal, 8 Ausgänge für M-, S- und T-Funktionen, codiert, "Kühlmittel aus", "Kühlmittel ein", "Spindel im Gegenuhrzeigersinn", "Spindel Halt", "Spindel im Uhrzeigersinn", Verriegelung für Spindel, Steuerung in Betriebsart Automatik, NOT-AUS.
Netzspannung	Umschaltbar 100/120/140/200/220/240 V, + 10 %/– 15 %, 48 ... 62 Hz
Leistungsaufnahme	ca. 60 W (mit Bildschirm-Einheit)
Umgebungstemperatur	Betrieb 0 ... + 45°C Lagerung – 30 ... + 70°C
Gewicht	TNC 145-Steuer-Einheit 11,2 kg Bildschirm-Einheit 6,8 kg

M 2) Wegmeßsysteme

M 2.1) Wegmeßsysteme für die TNC 145 CS

Die Steuerung TNC 145 CS regelt die Ist-Position mit einem Digitalschritt von 0,001 mm. Sie unterteilt die Teilungsperiode der Wegmeßsysteme insgesamt 20 x oder 10 x. Entsprechend sind inkrementale Längenmeßsysteme mit 20 µm oder 10 µm Teilungsperiode (Gitterkonstante) wie

.LS 107 (Meßlängen 240 mm bis 3040 mm)
.LS 703 (Meßlängen 170 mm bis 3040 mm)
.LS 903 (Meßlängen 70 mm bis 1240 mm)
.LID 300, LID 310 (Meßlängen 50 mm bis 3000 mm)

zu verwenden.
Für eine evtl. Winkelmessung (nur im metrischen System) stehen die inkrementalen Drehgeber, ROD 250 und ROD 700 mit 18.000 oder 36.000 Teilstrichen zur Verfügung.

Sofern die Genauigkeitsforderungen es zulassen, kann auch eine indirekte Wegmessung, z.B. über einen Drehgeber ROD 450 auf der Antriebsspindel vorgenommen werden. Die dafür erforderliche Strichzahl errechnet sich nach der Formel:

Strichzahl/Umdrehung = 50 x Spindelsteigung (in mm).

Die Kabellänge zwischen Wegmeßsystemen und Steuerung darf **20 m** nicht überschreiten.

M 2.2) Wegmeßsysteme für die TNC 145 CR

Da die Kabellänge zwischen der Steuerung TNC 145 CS und dem Meßsystem 20 m nicht überschreiten darf, wurde für größere Entfernungen zwischen Steuerung und Meßsystem die Sonderausführung TNC 145 CR entwickelt. Diese TNC besitzt einen Meßsystem-Eingang für Rechtecksignale und kann deshalb nur in Verbindung mit einer externen Impulsformerelektronik EXE betrieben werden. In der TNC wird das Signal der EXE 4-fach oder 2-fach ausgewertet.

Die max. Kabellänge zwischen Meßsystem und EXE beträgt 20 m. Die max. Kabellänge zwischen EXE und TNC beträgt 50 m. Somit beträgt die max. Kabellänge insgesamt 70 m.

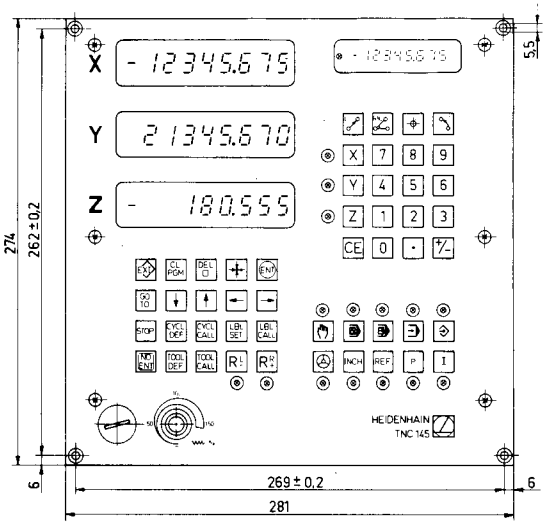
Zur direkten Längenmessung kann das LIDA 325 (Meßlänge ca. 30 m) mit einer EXE 829 (3 Achsen und 25-fach Unterteilung) verwendet werden.

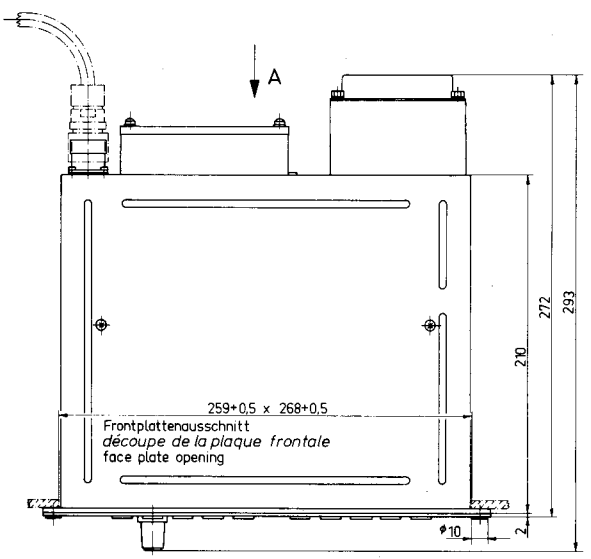
Folgende Varianten der EXE 829 stehen zusätzlich zur Verfügung.

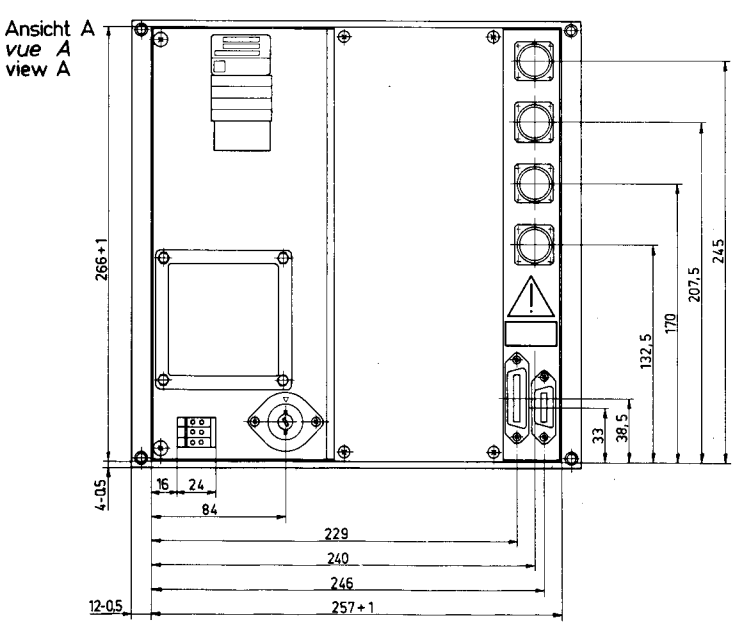
Typenbeschreibung	**Unterteilung**
EXE 828	Achse 1 und 2 : 25 fach Achse 3 : 5 fach
EXE 827	Achse 1 : 25 fach Achse 2 und 3 : 5 fach
EXE 822	Achse 1, 2 u. 3: 5 fach

Zur Winkelmessung kann ein Drehgeber (wie bei der TNC 145 CS) verwendet werden. Das Drehgeber-Signal wird durch die EXE z. B. 5-fach unterteilt. Bei 4-fach Auswertung der TNC sind deshalb Drehgeber mit 18 000 Teilstrichen zu verwenden, z.B. ROD 250.

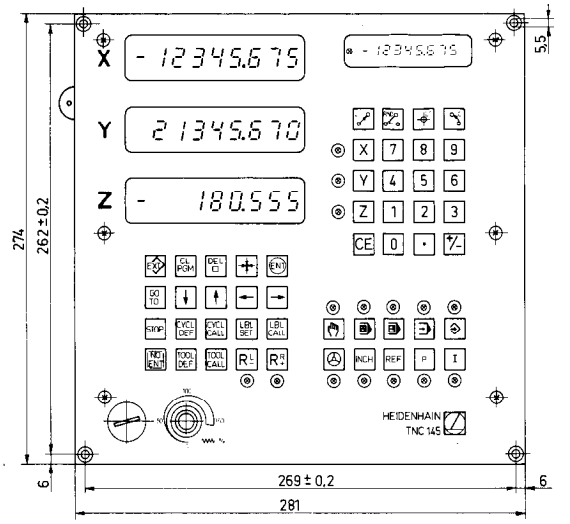
TNC 145/CS

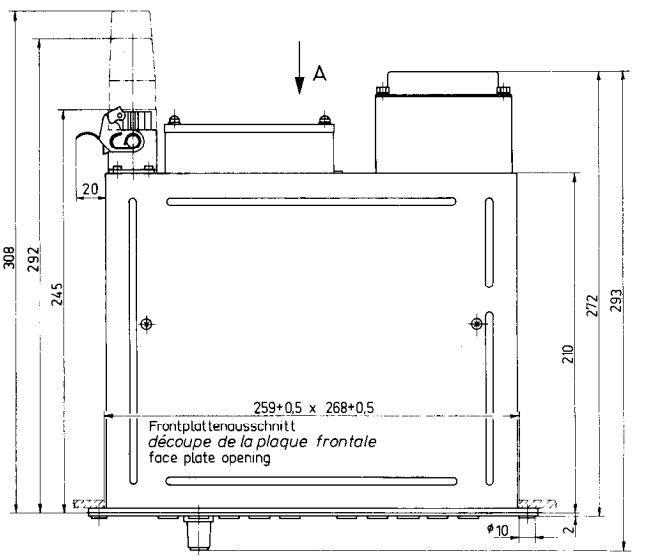

X
Y
Z
- 12345.675
21345.670
- 180.555
HEIDENHAIN
TNC 145
274
262±0,2
5,5
6
269±0,2
281


A
259+0,5 x 268+0,5
Frontplattenausschnitt
découpe de la plaque frontale
face plate opening
210
272
293
Ø10
2

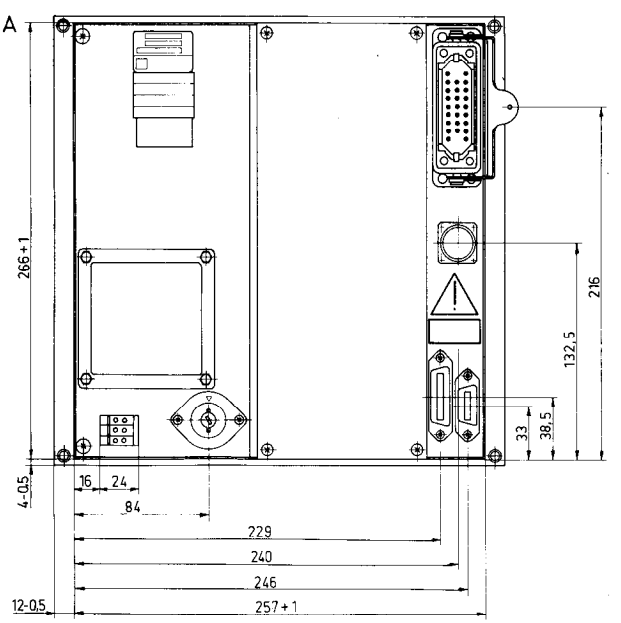

Ansicht A
vue A
view A
266+1
4-0,5
16
24
84
229
240
246
257+1
12-0,5
33
38,5
132,5
170
207,5
245

TNC 145/CR

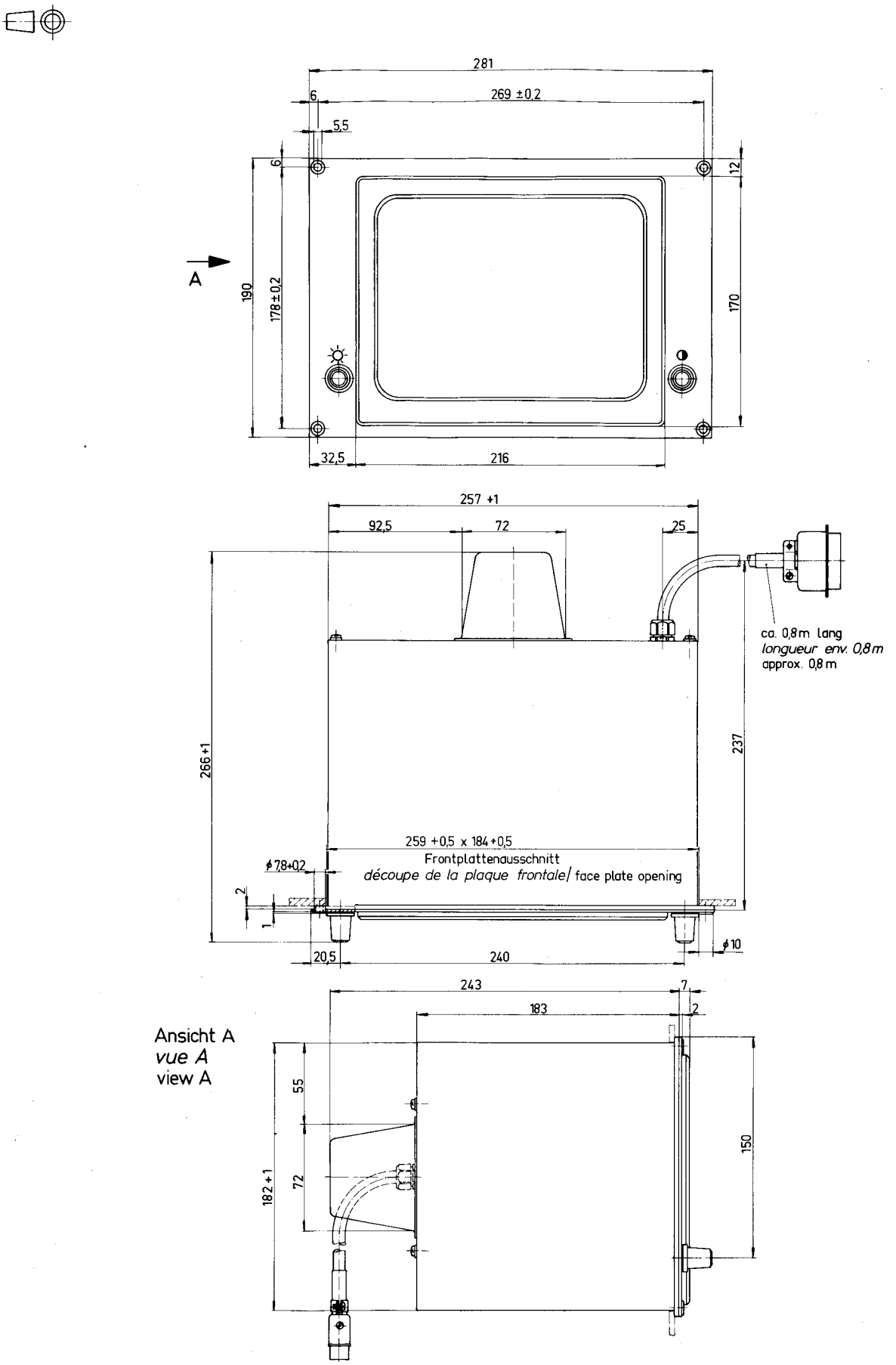




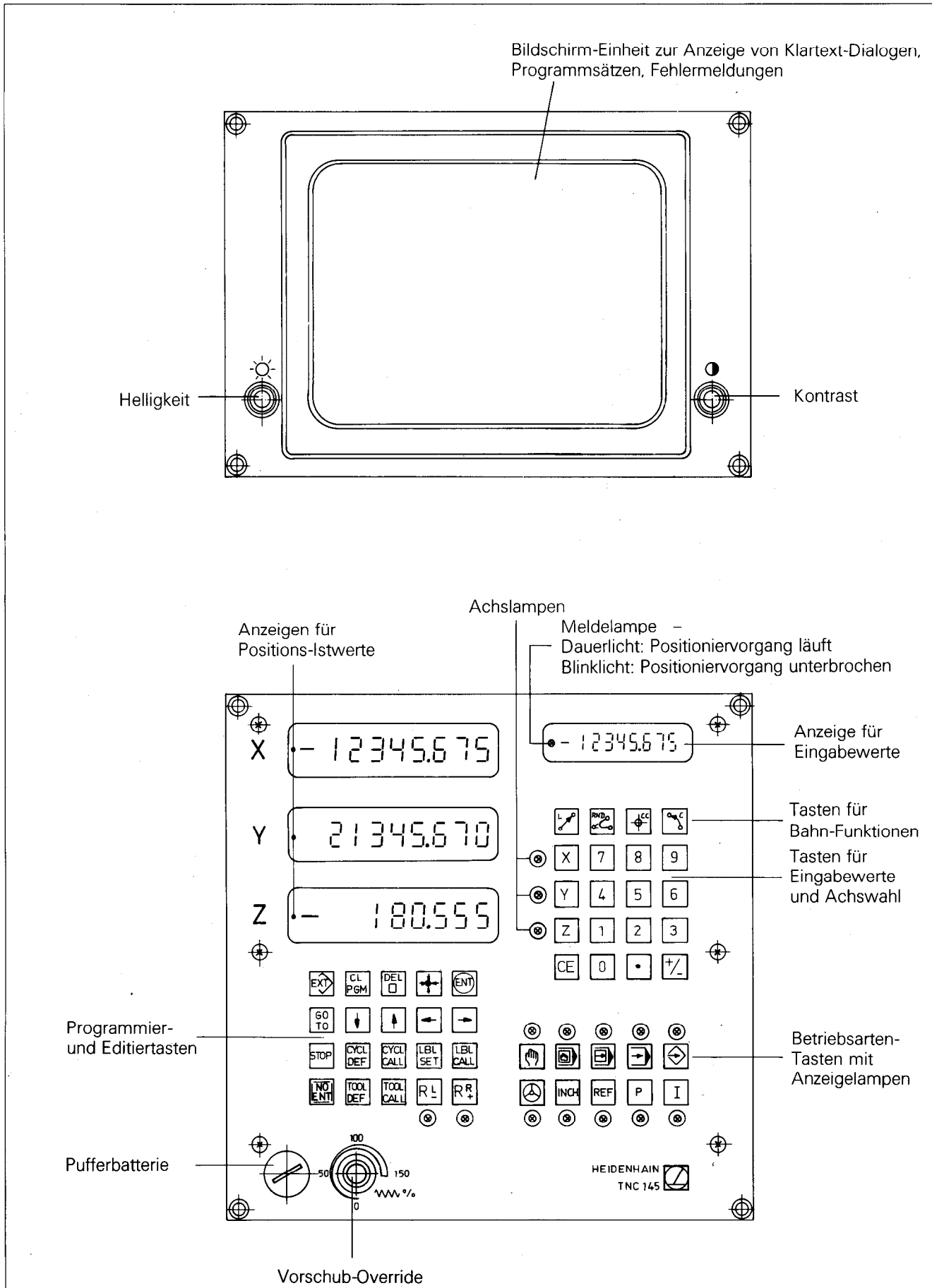
Ansicht A
vue A
view A



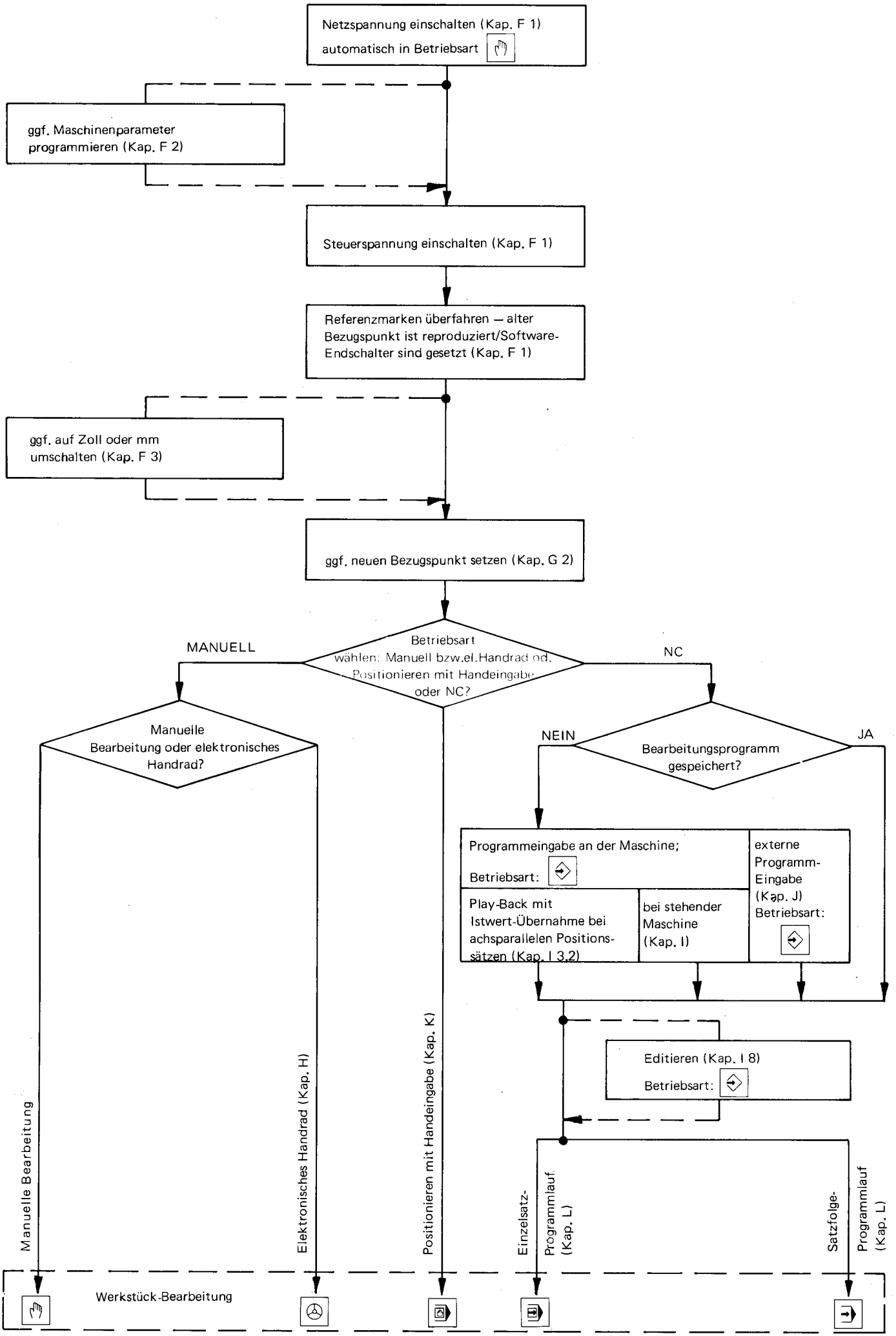
Bildschirm-Einheit



Bedienfeld


Bildschirm-Einheit zur Anzeige von Klartext-Dialogen, Programmsätzen, Fehlermeldungen
Helligkeit
Kontrast
Achslampen
Anzeigen für Positions-Istwerte
Meldelampe –
Dauerlicht: Positioniervorgang läuft
Blinklicht: Positioniervorgang unterbrochen
X
Y
Z
Anzeige für Eingabewerte
Tasten für Bahn-Funktionen
Tasten für Eingabewerte und Achswahl
Programmier- und Editiertasten
Betriebsarten-Tasten mit Anzeigelampen
Pufferbatterie
Vorschub-Override
HEIDENHAIN
TNC 145

O) Schema für das Arbeiten mit der TNC 145 C


Netzspannung einschalten (Kap. F 1)
automatisch in Betriebsart
ggf. Maschinenparameter programmieren (Kap. F 2)
Steuerspannung einschalten (Kap. F 1)
Referenzmarken überfahren — alter Bezugspunkt ist reproduziert/Software-Endschalter sind gesetzt (Kap. F 1)
ggf. auf Zoll oder mm umschalten (Kap. F 3)
ggf. neuen Bezugspunkt setzen (Kap. G 2)
Betriebsart wählen: Manuell bzw.el.Handrad od. Positionieren mit Handeingabe oder NC?
MANUELL
NC
Manuelle Bearbeitung oder elektronisches Handrad?
NEIN
Bearbeitungsprogramm gespeichert?
JA
Programmeingabe an der Maschine;
Betriebsart:
Play-Back mit Istwert-Übernahme bei achsparallelen Positionssätzen (Kap. I 3.2)
bei stehender Maschine (Kap. I)
externe Programm-Eingabe (Kap. J) Betriebsart:
Editieren (Kap. I 8)
Betriebsart:
Manuelle Bearbeitung
Elektronisches Handrad (Kap. H)
Positionieren mit Handeingabe (Kap. K)
Einzelsatz-Programmlauf (Kap. L)
Satzfolge-Programmlauf (Kap. L)
Werkstück-Bearbeitung

HEIDENHAIN

222 256 05 · 5 · 5/96 · S · Printed in Germany · Änderungen vorbehalten